

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra ochrany obyvatelstva

Bezpečnost nanotechnologií

Student: Bc. Petr Strakoš

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Večerková, Ph.D.

Studijní obor: Bezpečnostní plánování

Datum zadání diplomové práce: 30. 11. 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 15. 4. 2011

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně“

Dne 15. 4. 2011

.....
Bc. Petr Strakoš

Anotace

STRAKOŠ, P.: *Bezpečnost nanotechnologií* VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011

Diplomová práce je obsahově rozdělena do tří částí. V první části je uvedena stručná charakteristika světa nanotechnologií. Nachází se zde základní pojmy, možnosti využití nanotechnologií, jejich rozdělení a rizika, která přinášejí. Druhá část se zaměřuje na rozdílné přístupy řízení rizik v Evropské unii, České republice a USA. Jedná se o souhrn dostupných informací z českých i zahraničních zdrojů a nachází se zde hodnocení přístupů jednotlivých zemí. V třetí části práce je navržen postup analýzy rizik pro manipulaci s nanomateriálem, který vychází z obecných postupů používaných pro manipulaci s nebezpečnými látkami a zahrnuje specifika, která jsou typická pro nanomateriály.

Klíčová slova: Nanotechnologie, nanomateriál, riziko, analýza

Annotation

STRAKOŠ, P.: *Safety of nanotechnology* VŠB - Technical University of Ostrava, 2011

Diploma thesis is divided into three parts by content. In the first part, a brief characteristic of nanotechnology word is introduced. There are basic terms, possibilities of nanotechnology utilization, their division and risks they involve. The second part is focused on different approaches of operating the risks in European Union, the Czech Republic and the USA. It is a summary of available information given by Czech and foreign sources and evaluation of approaches of different countries. In the third part, a process of manipulation with nanomaterials is designed. This process results from general procedures used for manipulation with dangerous substances and includes specific features that are typical for nanomaterials.

Key words: Nanotechnology, nanomaterial, risk, analysis

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Rešerše	9
3	Úvod do „světa nano“	10
3.1	Rozdělení nanočástic	10
3.1.1	Tvar nanočástic	11
3.1.2	Nanomateriály.....	12
3.2	Přístroje a metody	12
3.3	Využití nanomateriálů.....	13
3.3.1	Medicína.....	13
3.3.2	Potravinářství.....	14
3.3.3	Elektronika	14
3.3.4	Strojírenství	14
3.3.5	Stavebnictví	14
3.3.6	Textilní průmysl a sport	15
3.3.7	Kosmický průmysl.....	15
4	Rizika nanotechnologií.....	16
4.1	Zdravotní rizika pro člověka	17
4.1.1	Expozice pokožky nanočásticím.....	17
4.1.2	Inhalace nanočástic	18
4.1.3	Konzumace nanočástic	18
4.2	Dopad na životní prostředí.....	18
4.3	Fyzikálně technické vlastnosti.....	18
4.4	Sociální a etické aspekty	19
4.4.1	Zodpovědný vývoj nanotechnologií	19
5	Kategorizace nanomateriálů dle nebezpečí	21
5.1	Izolované nanomateriály	21
5.2	Bioaktivní nanotechnika.....	21
5.2.1	Velikost částic.....	22
5.2.2	Interakce nanočástic se živou buňkou.....	23
5.3	Disruptivní nanotechnika	23
5.4	Shrnutí rizik	23
6	Přístup Evropské unie k nanotechnologiím.....	26
6.1	Vývoj nanotechnologií v Evropské unii.....	26

6.2	Práce Komise v oblasti bezpečnosti nanotechnologií	26
6.2.1	Na cestě k evropské strategii pro nanotechnologie	27
6.2.2	Akční plán pro Evropu 2005-2009	27
6.2.3	První zpráva o provádění Akčního plánu pro Evropu 2005-2009	28
6.2.4	Druhá zpráva o provádění Akčního plánu pro Evropu 2005-2009	29
6.3	Opatření pro zvýšení bezpečnosti nanomateriálů a nanotechnologií	30
6.3.1	Regulační aspekty nanomateriálů	30
6.3.2	Kodex chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanověd a nanotechnologií ...	33
6.3.3	Předběžná opatrnost	33
6.3.4	Regulace kosmetických produktů	34
6.3.5	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v Evropské unii	35
6.3.6	Další dobrovolná opatření	36
6.4	Zhodnocení přístupu Evropské unie k řízení rizik	36
7	Přístup České Republiky k nanotechnologiím	41
7.1	Vývoj nanotechnologií v ČR	41
7.2	Legislativní podpora bezpečnosti nanotechnologií v České republice	42
7.3	Zhodnocení přístupu České republiky k řízení rizik	42
8	Přístup USA k nanotechnologiím	44
8.1	Vývoj nanotechnologií v USA	44
8.2	U. S. Environmental Protection Agency	44
8.3	Zaměření EPA v oblasti nanotechnologií	46
8.4	Strategie výzkumu nanomateriálů	48
8.5	Zhodnocení přístupu USA k řízení rizik	50
9	Analýza rizik při manipulaci s nanomateriály	51
9.1	Životní cyklus nanomateriálů	51
9.2	Doprava	54
9.3	Návrh analýzy při manipulaci s nanomateriály	54
9.3.1	Kritická místa při manipulaci a opatření	57
	Závěr	59
10	Použité zkratky	61
11	Seznam tabulek	62
12	Seznam obrázků	63
13	Seznam literatury	64
13.1	Literární zdroje	64

13.2 Studie	65
13.3 Evropské směrnice	65
13.4 Internetové stránky	66

1 Úvod

Náš hmotný svět se skládá z atomů. To tvrdil již před přibližně 2 400 lety řecký myslitel Démokritos. Nyní v 21. století, v době nejrozumnějších možností technického rozvoje od aplikací výpočetní techniky, přes moderní léčebné metody až po cestování do vesmíru, se člověk může zabývat touto myšlenkou a začít tvořit svět kolem sebe. Jedná se o tzv. „Svět nano.“ Díky dokonalejší a výkonnější technice se rozšiřují hranice poznání člověka. Od poloviny 20. století se stala aktuální oblast nanotechnologií.

Nanotechnologie je novým přístupem k pochopení a zvládnutí vlastnosti hmoty v nanoměřítku. Jeden nanometr je jedna miliardtina metru, což je pro představu tisícina velikosti šířky vlasu. Na této úrovni vykazuje hmota nové a často překvapivé vlastnosti. V práci by měl nacházet úvod, který pomůže snadnější orientaci v nanosvětě a přiblíží oblasti použití, kde se s nanotechnologií a nanomateriály můžeme setkat.

Nanotechnologie se v posledních letech řadí mezi nejdynamičtěji se rozvíjející odvětví. Přes značné pokroky v oblasti výzkumu, je tato problematika obestřena ještě mnoha otázkami. Jako všechno nové, co má velké pozitivní možnosti, přináší tato technologie i určitá nebezpečí. Z historie můžeme uvést zkušenosti, že čím větší efekt objev přináší, tím představuje nová větší rizika. Jako příklad skvěle poslouží objevení pesticidů, azbestu nebo jaderné energie.

Cílem práce je proto provést rozbor současného stavu vědomostí o nebezpečnosti nanomateriálů a nanotechnologií. Pokusit se jednotlivá rizika charakterizovat a podle povahy nebezpečí je rozdělit.

Mezi země, které investují nejvíce prostředků do rozvoje nanotechnologií, patří USA a EU. Na světovém trhu s výrobky na bázi nanotechnologií je lze považovat za konkurenci. Zde se nabízí otázka, jaký je jejich postoj k otázce bezpečnosti, jestli v této oblasti dochází k spolupráci?

Po logické stránce je prevence rizik odpovědností výrobce, který se při jejich odhalování a prevenci může řídit spoustou stávajících předpisů, doporučení a metodik. Ovšem tyto předpisy se pro nanotechnologie a nanomateriály jeví jako nevhodné a lze v určitých případech očekávat vydání zcela specifické legislativy. Proto je druhým cílem práce přiblížit přístup České republiky, EU a USA k řízení rizik a dále pokusit se zhodnotit míru jejich přístupu.

V současnosti je nejbojovnějším problémem otázka bezpečnosti a ochrany zdraví při práci s nanomateriály. I když patří nanotechnologie mezi nejdiskutovanější témata odborné i laické veřejnosti, nejsou některé otázky týkající se rizik doposud zodpovězeny. V současnosti jsou s ohledem na

profesionální expozici potencionálně nejvíce ohroženou skupinou pracovníci, kteří přicházejí s nanočásticemi do přímého styku při jejich výrobě, zpracování i laboratorním výzkumu.

Z těchto důvodu je potřeba vypracovat návrh postupu analýzy pro manipulaci s nanomateriály. Pokusit se najít kritická místa v tomto procesu a nastítnit řešení, které by vedlo k snížení rizik.

2 Rešerše

PRNKA, T., SHRBENÁ, J., ŠPERLINK, K. *Nanotechnologie v České Republice, Česká společnost pro nové materiály a technologie, Ostrava 2008. ISBN: 978-80-7329-187-7*

Publikace informuje o základním a aplikovaném výzkumu nanotechnologiím v ČR. Jsou zde vypsány a charakterizovány instituce zabývající se danou problematikou.

Internetové stránky *Nanotechnologie*, [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <[http:// www.nanotechnologie.cz](http://www.nanotechnologie.cz)>.

Na těchto stránkách nalezneme především informace o současném rozvoji nanotechnologií v České republice a v menší míře o dění ve světě. Její uspořádání se opírá o obsah publikace „*Nanotechnologie v České republice – (2005-2008)*“, který průběžně aktualizuje a rozvíjí. Dále zde jsou dostupné dokumenty vydané Evropskou Komisí zabývající se bezpečností nanotechnologií v originálním znění a některé v překladu.

Nanotechnology communication, *The European strategy for nanotechnology and the nanotechnology Action Plan*, European Commission. Brusel 2004. COM (2004) 243

Jedná se o jednu ze studií, kterou vydala Evropská komise jako podklad k vývoji nanotechnologií v EU. Společně s Akčním plánem pro Evropu, zprávami o plnění Akčního plánu a Regulačními aspekty nanomateriálů tvoří důležitou znalostní základnu pro vývoj bezpečnosti nanotechnologií společně s udržitelným rozvojem.

Office of Research and Development. *Nanomaterials research strategy*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C..EPA/620/K-09/011. Citováno [2010-12-09]

Publikace je zaměřena na vývoj a výzkum nanotechnologií v USA. Je zde popsána klíčová role agentury EPA, jsou zde uvedeny jednotlivé etapy zdokonalení řízení rizik v oblasti bezpečnosti nanotechnologií.

ŠENOVSKÝ, M., BALOG, K. *Integrovaná bezpečnost*, 1. vyd. SPBI Ostrava 2009. ISBN: 978-80-7385-076-0

Tato publikace se zabývá problematikou bezpečnosti. Hlavní důraz je kladen na bezpečnost člověka. Dále je poukázáno na to, že jednotlivá dílčí rizika spolu mohou souviset a je zde navrhnut model řízení, pomocí něž by šlo danou problematiku zvládat.

3 Úvod do „světa nano“

Nanotechnologie obecně je nový přístup k vlastnostem hmoty o velikosti délky jedné malé molekuly. Pohybujeme se zde v řádech jedna až sto miliardtin metru, kde má hmota nové a překvapivé vlastnosti. Díky tomu mizí staré zažití hranice vědních a technických oborů a můžeme „svět nano“ označit jako výrazně indisciplinární.

Nanotechnologie má převratný potenciál v řešení postupů průmyslové výroby. S její pomocí můžeme vyvíjet lehčí, konstrukčně pevnější, rychlejší a výkonnější materiály. Ty nám pomohou při řešení současných problémů, jednak po stránce konstrukční, tak co se týká šetření přírodních zdrojů a snížení množství odpadů a emisí.

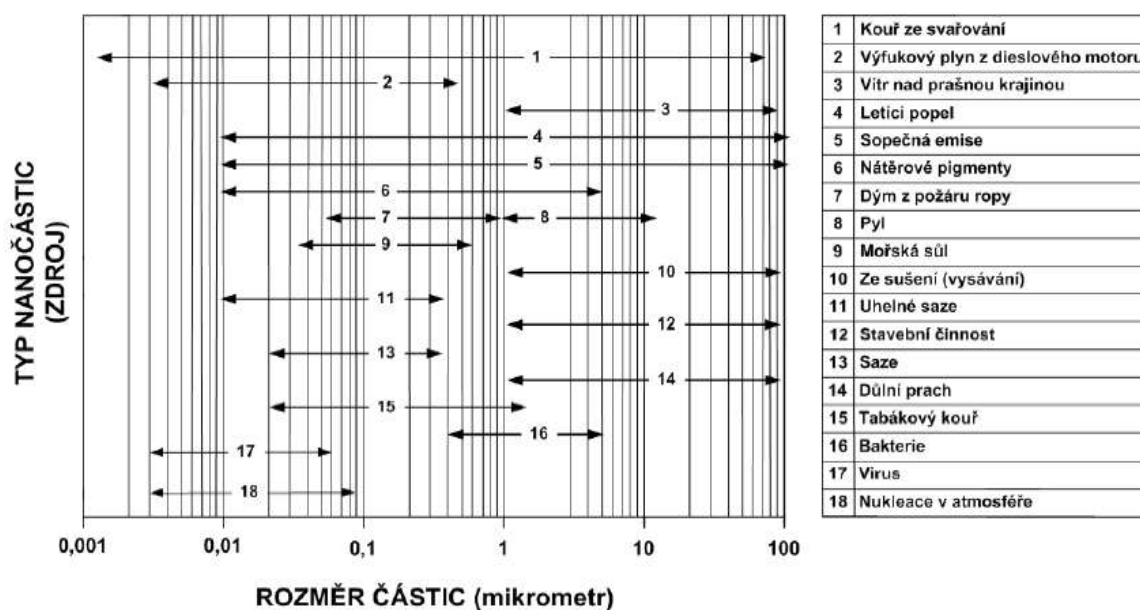
Jako zdroj inspirace pro technický pokrok nám poslouží velmi dobře příroda. Zde, aniž bychom o tom věděli, tak nanotechnologie jsou její běžnou součástí. Většina životních procesů probíhá v nanorozměrech. Například gekon se může prohánět hlavou dolů po stropě pomocí jemňoučkových chloupků velikosti nanometru, které přilnou k povrchu a vytvoří van der Waalsovu sílu. Dále mlži, kteří se dokáží přichytit na útesech pomocí lepidla uvolňujícího se z nanokanálek a přestojí tak i silné vlnobití. Ovšem i "nano svět" v přírodě je omezený, moderní technika dokáže pracovat v prostředí, kde je extrémní čistota, chlad, teplota nebo vakuum. Zde je možné dosáhnout ještě dále za meze přírody a vytvářet materiály neskutečných vlastností.

Když se stanou částice nanoskopicky malými, tak vzrůstá silně podíl jejich povrchových atomů. Fyzikálně chemické vlastnosti pevných látek nejsou stejné uvnitř materiálu a na jeho povrchu. Při zmenšení částic daného materiálu pod 100 nm začínají fyzikálně chemické vlastnosti povrchu převládat nad vlastnostmi daného materiálu a částice se začne chovat, jako by celá byla tvořena jen povrchem. To je to, čeho se snažíme v průmyslu využít, ale i co nás může ohrožovat.

3.1 Rozdělení nanočástic

Nanočástice se nacházejí v prostředí kolem nás a setkáváme se s nimi každý den, aniž bychom o tom věděli. Vznikají při požárech, erupcích sopek, erozích, chemickým rozkladem organických látek, spalováním fosilních paliv (tepelné elektrárny, spalovací motory apod.) A jak bylo výše zmíněno, poslední dobou vznikají cíleně v laboratořích či ve výrobě. Již za dávných časů je lidstvo používalo, aniž by o tom vědělo. Skláři přidávali prášky z kovů o velikosti nanorozměrů, glazury renesanční keramiky obsahovaly částičky Cu a Ag nebo při

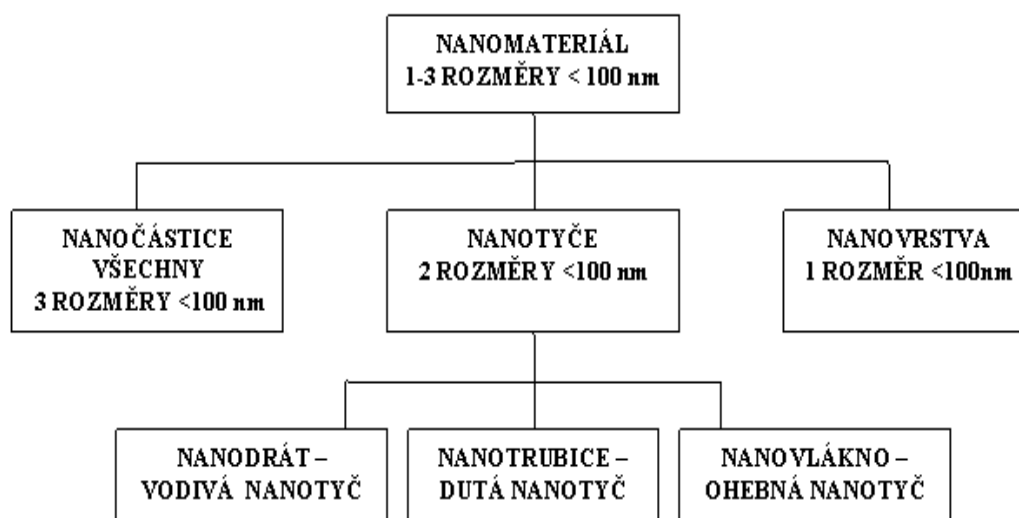
výrobě sazí. Na obrázku 1. níže, lze vidět rozměrový rozsah nanočástic, se kterými se v běžném životě setkáváme.



Obrázek 1: Zdroje nanočástic a jejich rozměrový rozsah [ZDROJ 12]

3.1.1 Tvar nanočástic

Tvar nanočástic má zásadní vliv na chování materiálu v prostředí, na obrázku 2. jsou uvedeno přehledné schéma s názvy označující tvar předmětů v nanooblasti dle [12]



Obrázek 2: Schéma s výrazy pro předměty v nanooblasti [ZDROJ 12]

3.1.2 Nanomateriály

Nejobecnější rozdělení nanomateriálů je uvedeno níže. Jejich přínos pro člověka je přibližně v kapitole o využití jednotlivých materiálů v různých oblastech vědy a průmyslu.

- nanoprášky, nanočástice,
- kompozitní materiály obsahující nanočástice,
- materiály s uhlíkovými trubicemi nebo fullereny,
- tenké vrstvy,
- nanostrukturní kovy a slitiny, nanokeramika,
- polymerní nanokompozity, polymerní nanomateriály

3.2 Přístroje a metody

Abychom mohli nejen „svět nano“ pozorovat, ale i dokonce s částicemi pohybovat, muselo lidstvo počkat až do 80. let minulého století, kdy byly přístroje a metody pro nový směr průmyslu vynalezeny. Jedním z nejvýznamnějších objevů se staly přístroje na pozorování a manipulaci s atomy a molekulami - rastrovací tunelový mikroskop SPM a mikroskop atomárních sil AFM. [1] Pokrok šel stále více dopředu, od výroby čipů velké integrace s rozměry 100 nm, přes obrábění povrchů s přesností na nanometry, až po využití nanostruktur v medicíně a biotechnologiích.

Existují dvě metody výroby nanomateriálů. Postup „TOP-DOWN“ (čili z vrchu dolů) představuje rozrušování velkých kusů materiálu až na nanočástice nebo při postupu „BOTTOM-UP“ (zdola nahoru), kdy jsou jednotlivé atomy a molekuly spojovány do větších nanostruktur.

K přípravě nanomateriálů lze využít tři cesty, a to chemickou, fyzikální a mechanickou. V tabulce č. 1 jsou uvedeny přístroje pro pozorování nanostruktur a nejpožívačnější metody přípravy nanobjektů zpracované dle [1]

Tabulka 1: Grafické znázorněné rozdělení [ZDROJ 1]

Přístroje pro pozorování nanostruktur	Iontový autoemisní mikroskop
	Rastrovací tunelový mikroskop
	Mikroskopie atomárních sil
	Transmisní elektronový mikroskop
	Rastrovací elektronový mikroskop
	Využití Rentgenova záření

Metody přípravy nanobjektů	chemické	reakce v plynné fázi (karbidy, nitrily, oxidy, kovy, slitiny)
		reakce v rozpustném médiu (většina kovů a oxidů)
		reakce v pevném médiu (většina kovů a oxidů)
		sol-gel technika (většina oxidů)
		reakce chemickým srážením
		spalováním v plameni
		nadkritická kapalina při chemické reakci (většina kovů, oxidů a některé nitrily)
	fyzikální	vypaření s následnou kondenzací za nízkého tlaku v inertní atmosféře
		pyrolýza s využitím laseru, plazma
mechanické		ozařování
		válcování
		řezání
		protahování skrz póry

3.3 Využití nanomateriálů

3.3.1 *Medicína*

Cílená likvidace tumorů - využívá se absorpčních schopností nanočástic cíleně usazených v nádorových tkáních - po ozáření infračerveným laserovým nebo vysokofrekvenčním elektromagnetickým zářením dochází k destrukci nádorové tkáně. (nanočástice oxidů železa)

lab-on-chip (diagnostická laboratoř na čipu) - intenzívně se rozvíjející odvětví elektronické diagnostiky, kdy analyzátor, skládající se s milionů nanočidel bude schopen zobrazit okamžitě chemické složení tělních tekutin

cílená doprava léčiv na určené místo - nanočástice jsou schopny nést lék a stát se jeho dopravci do těla. Při tom chrání medikament před zničením v různých prostředích organismu a dopraví jej přesně tam, kde je ho zapotřebí.

desinfekční roztoky nové generace - speciální gel na rány, který ničí bakterie, plísňe, kvasinky i spóry, pomáhá likvidovat bakterie v poraněných a popálených místech.

opalovací ochranné krémy s nanočásticemi oxidu zinečnatého (odrážejí UV záření)

nanoroboti - chirurgické zákroky uvnitř těla na úrovních buněk. Dále pomoc imunitnímu systému podílet se na procesech látkové výměny, provádět nějaké opravné úkony, případně se shlukovat do větších celků a vytvářet složitější a výkonnější systémy.

3.3.2 Potravinářství

inteligentní obaly pro zvýšení trvanlivosti a kvality potravin

účinnější potravinové doplňky - nanokoenzym Q10 je tvořen přesnými částicemi s micelární strukturou a obsahuje několik stovek molekul koenzymu Q10. Takto upravený nanokoenzym Q10 ve formě nanosuspense nebo roztoku vykazuje v porovnání s běžným koenzymem Q10 několikanásobně vyšší vstřebatelnost, podstatně rychlejší nástup účinku a je bezezbytku využit

sledování původu potravin pomocí miniaturizovaného „značkování“

3.3.3 Elektronika

vysokokapacitní záznamová média – nosiče dat s velmi vysokou hustotou záznamu na ploše dopisní známky o velikosti jeden terabit. K čtení média nedochází pomocí laseru opticky, ale elektronicky. Dochází k zjišťování odporu paměťových prvků a tak k čtení informace.

logické obvody na molekulární úrovni – pomocí uhlíkových nanotrubic (CNT) vytvářet nové 3D čipy, protože CNT umí dobře odvádět teplo zvnitřku 3D čipu.

zobrazovací zařízení s vysokým rozlišením

fotomateriály – fotočlánky s dlouhou životností

palivové články – například nové palivové články, které budou vhodné i pro efektivní skladování vodíku

3.3.4 Strojírenství

nové superpevné materiály – rám z nanotrubic nebo fullerenů je velmi lehký a pevný

supertvrdé povrchy s nízkým třením – odolnější proti poškrábání, odolnější proti vodě

samočisticí oděru vzdorné laky - pomocí povlaků vyrobených sol-gelovou technikou s využitím lotosového efektu

3.3.5 Stavebnictví

izolační materiály

samočisticí fasádní nátěry

antiadhezní obklady – obklady odpudivé vodu a zabraňují vzniku vodního kamene

samozatmavující se špinuodpudivá skla – povlaky vyrobené sol-gelovou technikou s nanokomponenty, které v menší, nebo větší míře odrážejí světlo a pomáhají šetřit energii spotřebovanou klimatizací

3.3.6 Textilní průmysl a sport

nemačkávé a nešpinící se bavlněné tkaniny

rámy tenisových raket, které jsou zpevněny uhlíkovými nanotrubicemi.

výrobní technologie nazvaná Nanospider – vlákna tloušťky 200 nm, které jsou porézní, přitom jejich póry jsou dostatečně malé k tomu, aby jimi nemohly projít bakterie či viry. Tyto textilie mají tedy vysokou filtrační schopnost

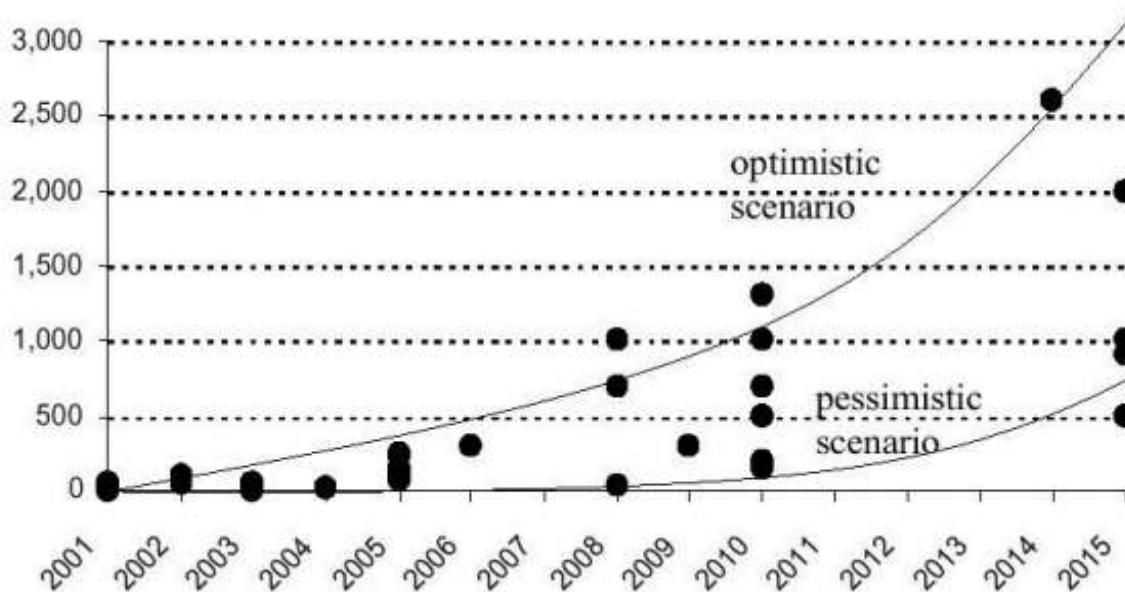
antibakteriální látky – ionty stříbrných nanočástic působí antibakteriálně. Ovlivňují látkovou výměnu bakterií, mají též fungicidní účinky.

3.3.7 Kosmický průmysl

odolné povrchy satelitů

4 Rizika nanotechnologií

Jak je uvedeno v předešlé kapitole, využití nanotechnologií a nanomateriálů (dále jen NaN) je velmi rozsáhlé. Zasahuje do každého odvětví průmyslu a již nyní je považováno za budoucnost průmyslu. Dle obrázku 3. je viditelný celkový objem financí putující do vývoje NaN. Jedná se zde o dvě prognózy, optimistickou a pesimistickou. Vzhledem k tomu, že tyto předpovědi byly vypracovány roku 2004, můžeme nyní potvrdit, že se plní optimistická předpověď.



Obrázek 3: Prognóza světového trhu v nanotechnologiích v miliardách USD [zdroj 14]

Zda jsou produkty nanotechnologických procesů bezpečné? To je otázka, kterou se v současnosti zabývají nejenom vědci, inženýři, lékaři, ale i ti, kteří výrobky obsahující nanomateriály používají. V současnosti je zřejmé, že existuje velmi omezené množství informací o nanomateriálech a nanoproduktech, které mohou působit přímé anebo nepřímé ohrožení života nebo životního prostředí. Při vývoji, výrobě, prodeji a spotřebě nanoproduktů musíme postupovat opatrně, s ohledem k nutnosti vyvinout strategii a systém kontroly nanosystémů, nanomateriálů, případně produktů obsahujících nanočástice, za účelem identifikovat a adresně popsat jejich potenciální nebezpečí ohrožující lidskou populaci a škodlivost životnímu prostředí, případně průmyslu. Výzkum nanotechnologií probíhá ve všech průmyslově vyspělých zemích (zejména USA, EU, Japonsko) a v poslední době je kladen velký důraz na bezpečnost a odhalování jejich rizik. Nebezpečnost nanomateriálů by

se dala rozdělit do tří hlavních oblastí. V neposlední řadě musíme i uvážit, že používání nanotechnologií v medicíně bude mít dopad na sociální a etické aspekty.

4.1 Zdravotní rizika pro člověka

Vlastnosti nanomateriálů jsou stanoveny jejich chemickou povahou, ale musíme brát v úvahu i jejich závislost na velikosti, tvaru, na uspořádání povrchu, případně na modifikaci povrchu. Je dokázáno, že v porovnání s částicemi obvyklé velikosti (> 100 nm), jsou určité nanočástice snadněji inhalovány a způsobují poškození plic. Například nanotrubičky vykazují podobné toxikologické vlastnosti, které způsobují rakovinu plic, stejně jako zakázaný azbest.

Některé částice obsažené ve vzduchu, tedy ve formě aerosolu, jsou schopny pronikat z plic do krevního oběhu a následně do jednotlivých koncových orgánů. Ačkoliv není zcela jisté, co se s nimi bude dít dál, jestliže se nanočástice do těla dostanou, víme jistě, že částice “normální” velikosti se v krevním oběhu nenacházejí. V této souvislosti musíme uvážit i expozice nanočásticemi např. přes kůži nebo inhalací, jako významnou. [16] Možnost, že nanočástice se mohou relativně lehce dostat do organismu, představuje jistě riziko, které si zaslouží velkou pozornost a provádění podrobnějších studií před začátkem používání určitého výrobku. Je také známo, že některé nanočástice jsou dostatečně malé, aby mohly pronikat do buněk a poškodit je.

Existují tři cesty, kterými se mohou nanočástice dostávat do těla. Je to: pokožka, inhalace, konzumace.

Při posuzování toxicity nanočástic se musí brát v úvahu řada hledisek: [16]

- expozice nanočásticím,
- toxikologie nanočástic,
- schopnost extrapolovat toxicitu nanočástic za použití existujících toxikologických databází,
- osud nanočástic v životním prostředí, biologickém systému, při dopravě, stálost, transformace nanočástic,
- recyklovatelnost a celková udržitelnost nanomateriálů.

4.1.1 Expozice pokožky nanočásticím

Vliv nanomateriálů na organismus závisí na jejich schopnosti pronikat skrz vnější ochranné vrstvy pokožky. V současné době existuje stále ještě málo informací o nebezpečí z nanomateriálů pro kůži a diskuse o mechanismech interakce a možných zdravotních dopadech jsou spíše spekulativní. [16]

4.1.2 Inhalace nanočástic

Částice o průměru menším než 10 μm se mohou dostat přes nosní dutinu do plic. U částic menších než 4 μm existuje více než 50% pravděpodobnost, že proniknou do alveolární oblasti. Čím menší částice jsou, tím hlouběji pronikají do plic. Na základě současných poznatků nelze učinit všeobecné závěry týkající se toxicity založené pouze na velikosti částic. Potenciální toxicita každého jednotlivého nanomateriálu se musí vyhodnocovat případ od případu. [16]

4.1.3 Konzumace nanočástic

Z toxikologického hlediska jsou důležitými vlastnostmi materiálu velikost částic a velikost povrchu částic. Posuzování bezpečnosti nanomateriálů vstupujících do těla skrz trávicí trakt je zvláště důležité u potravinářských výrobků obsahujících nanomateriály. Nanočástice mohou značně prodloužit dobu, po kterou sloučenina zůstává v trávicím traktu (např. v důsledku velkého povrchu, který je k dispozici pro interakce). V translokačním pokusu se zjistilo, že částice o velikosti několika nanometrů procházejí skrz mukózní bariéru střev. Čím menší je částice, tím rychlejší je penetrace. [16]

4.2 Dopad na životní prostředí

Kromě možného dopadu na lidské zdraví, nanomateriály představují potenciální ohrožení životního prostředí. Je logické, že pokud mají nanočástice špatný dopad na člověka, tak stejný dopad budou mít i na prostředí, které ho obklopuje. Mnohé z nanomateriálů zůstanou v životním prostředí i nadále, co produkt doslouží a ztratí své užité vlastnosti. Hromadí se zde, přičemž navyšování množství může poškodit jednotlivé složky životního prostředí. Dle různých studií existují i nanomateriály, které jsou neškodné pro člověka, mohou však poškodit některé složky citlivé ekologické rovnováhy. Typickým příkladem je použití nanočástic stříbra jako antimikrobiologického prostředku, který je pro člověka velmi prospěšný, avšak může poškodit užitečné mikroby v biosféře a tak ovlivnit organismy na vyšší úrovni.

4.3 Fyzikálně technické vlastnosti

Dle studie zabývající se riziky nanočástic pocházejících z antropogenních zdrojů [12] největší nebezpečí představuje především výroba nanočástic systémem „TOP-DOWN“, kdy nanočástice vznikají mechanickou cestou tj. např. broušením, řezáním, supermletím apod. Zde je nutné si připomenout a uvědomit, že nanočástice jsou přítomny v podstatě ve všech

prašných provozech, kde dochází např. k obrábění kovů, opracování dřeva, mletí, broušení, svařování, apod. Jejich počet a reaktivita jsou ovlivněny stupněm vzájemné agregace nebo aglomerace. Obecně je tedy pro prachovzdušné směsi typické, že nejsou v čase ani místě stálé, homogenní. Na výbušnost prachu má podstatný vliv velikost částic. Obecné riziko výbuchu se zvýší snížením velikosti částic. Toto tvrzení je experimentálně prověřeno u mikročástic a lze předpokládat, že tento trend bude pokračovat i u částic rozměru nanometrů. Řada nanočástic např. Fe, Ni, Al, Mn, Co podléhá samovznícení a díky svému velikému povrchu jsou katalyticky aktivní a tím mohou iniciovat nekontrolovanou reakci s exotermním průběhem. Nanočástice samy o sobě jsou reaktivnější než jejich makroverze stejného chemického složení. [13]

Fyzikálně-chemické interakce nanomateriálů s životním prostředím mohou být provázeny řadou oxidačně redukčních reakcí s mikroorganismy, organickými látkami, prvky a minerály, dále hydrolyzou a jsou ovlivněny UV zářením apod.

4.4 Sociální a etické aspekty

I když nanotechnologie mají jistý přínos pro člověka, hlavně co se týká zvýšení kvality života, nesou s sebou i značná rizika, která ovlivňují pohled laické společnosti na ně. Je těžké pro obyčejného člověka pochopit něco, co vlastně není ani vidět. Obecně ve společnosti panuje vždy strach z něčeho neznámého, proto je potřeba rozšířit znalosti společnosti. Přiznat otevřeně rizika, zjistit jak je společnost přijímá a následně vyhodnotit. Několik katastrofických scénářů se objevilo již v literatuře, kdy se hejno malých polointeligentních nanorobotů neovladatelně rozšiřuje a pak útočí na náš svět.

4.4.1 Zodpovědný vývoj nanotechnologií

Je třeba respektovat etické principy a tam, kde je to zapotřebí, je prosazovat legislativními nástroji. Tyto principy jsou vtěleny do Evropské charty základních práv a dalších evropských i jiných mezinárodních dokumentů. Též by měl být brán ohled na názor evropské skupiny pro etiku (European Group of Ethics, EGE), která zkoumá etické aspekty lékařských aplikací souvisejících s nanotechnologiemi.

Dále sem patří základní etické hodnoty jako zásada respektování důstojnosti, zásada individuální autonomie, zásada spravedlnosti a dobročinnosti, zásada svobody bádání a zásada proporcionality. Je třeba pochopit, že tyto zásady platí pro aplikace zaměřené na lidi i pro aplikace, které na lidi přímo zaměřeny nejsou. Vedle toho se u některých aplikací, např. u

miniaturizovaných čidel, mohou projevovat specifické důsledky z hlediska ochrany soukromí a osobních dat.[2]

5 Kategorizace nanomateriálů dle nebezpečí

5.1 Izolované nanomateriály

Do této kategorie patří materiály, kde jsou ve struktuře materiálu obsaženy nanočástice. Jde o takové materiály, které jsou nano a zároveň plasty. Strukturu takového materiálu je nejprve nutno za vysokého vynaložení energie rozmělnit, aby z nich bylo možno získat nanočástice. Jako příklad lze uvést samočisticí anebo antipřílnavé vrstvy.

Mezi izolované nanomateriály zahrnujeme i nanoelektroniku, což souvisí se snahou minimalizovat plochu, na které se objevují tranzistory (viz kapitola o využití nanotechnologií).

Také zde můžeme zahrnout technologie, kde se setkáváme s nanomateriály vloženými dovnitř přístroje a tak jsou izolovány od okolí (např. nejrůznější přístroje sloužící ke zkoumání povrchů a molekul).

Tyto nanomateriály, díky svojí izolaci, se můžou zdát lidskému zdraví či vůbec živým organismům (relativně) neškodné, avšak problém přichází s koncem výrobků, kdy se z přístrojů stává odpad. Nastává tedy otázka, jak si poradit s tímto elektronickým či nanotechnickým "šrotem"? Recyklace a znovupoužívání není dosud řešeno.

Pokud jsou nanočástice obsaženy v povrchových vrstvách předmětů (protože se např. používají pro povrchové úpravy) a pak jsou vystaveny oděru, otěru, korozi, vibracím, biologickým, nejrůznějším chemickým, fyzikálním a povětrnostním vlivům. Při nich se částice uvolňují a dostávají se do okolního prostředí, tedy i do vzduchu vdechovaného lidmi.[14]

Příklad takového uvolňování nacházíme u nanolaků moderních automobilů. Tyhle malé částice jsou postupně díky opotřebování obsaženy ve vzduchu, při umývání odtékají do odpadních vod, kde v čistírnách nastává problém s jejich odstraňováním. Dopad na zdraví a životní prostředí dosud nelze přesně určit.

Pokud budou nanoaplikace na konci své životnosti rozloženy (fyzikálně a chemicky), dostaly by se do další kategorie, tj. staly by se bioaktivními nanomateriály.

5.2 Bioaktivní nanotechnika

Uměle vytvořené nanočástice, které nejsou uloženy v matici (jako je tomu např. u plastů), jsou bioaktivní. To je vlastnost, která na jedné straně umožňuje, aby nanočástice byly používány v průmyslu a v medicíně, ale na druhé straně tato vlastnost skrývá v sobě to

nebezpečí, že při setkání s buňkami mohou s nimi nanočástice vstoupit do interakce, tedy ovlivnit vývoj v buňkách tkáně.[14]

Jako nejnebezpečnější můžeme označit nanočástice (uhlíkové molekuly) zvané fullereny – dále známy a dále v textu používáno jako Buckyballs. Skládají se z 60 atomů vytvářejících kouli podobnou fotbalovému míči o průměru 0,7 nanometru (C₆₀). Jinou variantou bioaktivních nanomateriálů jsou tzv. uhlíkové nanotrubičky. Jde o trubičky složené ze šestihranů, jež mohou mít délku několik mikrometrů a jež se mohou vyskytovat jak jednotlivě, tak ve vrstvách.

Riziko spočívá v tom, že tělesné buňky, resp. buňky živého organismu a bakterie se s novými uhlíkovými molekulami nesnášejí. Jako příklad jde uvést práci chemičky Vicki Colvinové, která při pokusech in vivo přidala k nám známým buckyballs kulturu kožních buněk. Při koncentraci nepatrného množství buckyballů v jedné miliardě molekul roztoku kožních buněk téměř polovina rychle odumřela. Pokud ovšem buckyballs jsou obaleny či obklopeny jednoduchými molekulami, působí méně jedovatě

Jako další lze zmínit také pokusy in vivo toxikoložky Evy Oberdörsterové. Tentokrát byly buckyballs ve formě klastru vloženy do akvária plného pstružích samců. Za dva dny nanočástice pronikly žábrami do mozků ryb a poškodily tam mozkové buňky.

V dnešní době velmi používané a oblíbené bioaktivní nanočástice stříbra, mající antibakteriální účinek, se můžou stát nebezpečné pro ekosystém a tak i pro lidské zdraví. Pokud se koncentrace těchto částic přehoupne přes určitou prahovou hodnotu, buckyballs výrazně zabraňují dýchání dvou druhů bakterií, jež se na Zemi vyskytují

Výše zmíněné nanotrubičky s sebou nesou také jistá rizika. Dle pokusů na laboratorních hlodavcích bylo odhaleno, že uhlíkové nanotrubičky mohou vyvolávat zánětlivé reakce v plicních sklípcích těchto zvířat. Dále jejich toxické působení na živé buňky razantně snižují jejich aktivitu. Toxicita těchto částic se jeví jako vyšší než u asbestu.

5.2.1 Velikost částic

Pokud se zjemní struktura určitých materiálů, tedy rozruší jejich stavba, pak i takové materiály, které jsou v původní podobě chemicky setrvační, málo aktivní a reagují pomalu (jsou "chemicky líné"), začnou reagovat velice aktivně. [14]

Například pokusy s oxidem titanu (TiO₂) ukázaly, že částčky tohoto materiálu o velikosti 20 nm způsobovaly hlodavcům zápal plic, zatímco částčky téhož materiálu o větší velikosti 250 nm se projevují neutrálně.

Oxid titanu (TiO_2) se často používá jako přísada krémů, které mají chránit pokožku před ultrafialovým zářením, nebo jako obaly výrobků, které chrání potraviny před sluncem. I když existují studie, že částice oxidu titanu neproniknou do pokožky hlouběji než do 5 mikrometrů, není to uspokojivé a bezpečný vliv na potní a mazové žlázy v pokožce není prokázán.

5.2.2 Interakce nanočástic se živou buňkou

Jsou tři možnosti, které se můžou stát při vzájemné interakci: [14]

- nanočástice se setkávají s vnějším obalem buňky a dochází k "oxidačnímu stresu". To znamená, že se vytvářejí volné radikály čili molekuly obsahující volné elektrony a díky tomu jsou velice náchylné k reakci. Následkem toho se zvýší hladina vápníku v buňce a v jejím jádru může dojít k nežádoucí přeměně genů v proteiny, jež mohou vyvolat zánětlivý, resp. chorobný proces ve tkáni;
- dojde k aktivaci receptorových molekul na buněčném obalu, protože atomy kovu se vyloučí z nanočástic. Další průběh je už jako v první variantě;
- nanočástice je jako celek pohlcena buňkou a dostává se do tzv. mitochondrií, což jsou svého druhu "elektrárny" čili energetické zdroje buňky. Nanočástice činnost mitochondrií buď citelně naruší, nebo je zcela vyřadí z činnosti.

5.3 Disruptivní nanotechnika

Jedná se o mikroorganismy, které jsou vyvíjeny ve sféře syntetické biologie. Tato oblast výzkumu je úzce spojena s výzkumem genetiky, která sama o sobě pracuje v prostředí velice malých částic.

Tento uměle vytvářený mikrob bude v organismu člověka získávat energii a pomůže mu tak odstraňovat škodliviny. Ovšem nelze ani v této oblasti výzkumu vyloučit eventualitu, že takto vypracované postupy bude případně možno zneužít k vyvinutí virů, které budou pro lidi a vůbec organismy škodlivé

5.4 Shrnutí rizik

Z textu je zřejmé, že všechny tři kategorie nanočástic s sebou nesou rizika. Zdánlivě nejmenší je nebezpečí u izolovaných nanomateriálů, i když na příkladu nanolaků je ukázáno, že malé riziko je opravdu jen zdánlivé.

V oblasti bioaktivních nanočástic vznikají rizika buď přímo ohrožující člověka, nebo mohou zasáhnout např. potravní řetězce v přírodě silněji než izolované částice. Také existuje

riziko zneužití pro válečné a teroristické účely, podobně jako disruptivní, pokud se ocitnou v nesprávných rukách.

V tabulce 2. a 3. jsou uvedeny nejpoužívanější nanomateriály a příklady jejich negativního působení na buňku. [13]

Tabulka 2: Příklady mechanismu poškození buněk [ZDROJ 13]

nanomateriál	mechanismus poškození buňky
TiO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • TiO₂ jako polovodič obsahuje páry elektron-díra, které mohou zprostředkovat vznik ROS^{a)} • výsledkem fotoaktivity a redoxních vlastností je spotřebování glutathionu a toxický oxidativní stres • nanočástice způsobují narušení cytoplazmatické membrány, které vyústí v buněčnou smrt; fibrilace proteinů
ZnO	<ul style="list-style-type: none"> • tvorba ROS • rozklad a uvolnění toxických kationtů • poškození lysozomů • zánět
Ag	<ul style="list-style-type: none"> • rozklad a uvolnění iontů Ag⁺ inhibuje dýchací enzymy a produkci ATP • tvorba ROS • narušení celistvosti membrány a transportních procesů
Au nanočástice a nanotyče	narušení prostorového uspořádání proteinů
CdSe	rozklad a uvolnění toxických iontů Cd a Se
SiO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • tvorba ROS prostřednictvím povrchových vad a nečistot • narušení prostorového uspořádání proteinů • narušení membrány
Fe ₃ O ₄	<ul style="list-style-type: none"> • tvorba ROS a oxidativní stres • uvolnění toxického Fe²⁺ • narušení elektronového a/nebo iontového transportu přes cytoplazmatickou membránu
CeO ₂	agregace a fibrilace proteinů

^{a)} ROS (Reactive oxygen species) jsou ionty nebo velmi malé molekuly, které obsahují kyslíkové ionty, volné radikály a peroxidy, a to jak anorganické, tak organické. Zvýšení úrovně ROS může vést ke značnému poškození buněčných struktur. Tento nárůst vede k situaci nazvané oxidativní stres. Při oxidativním stresu je patologicky zvýšená hladina volných kyslíkatých radikálů. Tyto volné radikály vyvolávají oxidační reakci, jejímž důsledkem je destrukce a poškození celých buněk.

Tabulka 3: Příklady mechanismu poškození buněk [ZDROJ 13]

nanomateriál	mechanismus poškození buňky
MWCNT [®]	bezvýsledná fagocytóza způsobuje chronický zánět tkáně a oxidativní poškození DNA
SWCNT [®] , MWCNT	<ul style="list-style-type: none"> vznik ROS díky kovovým nečistotám, které jsou uvězněny uvnitř CNT zánětlivé účinky způsobené oxidačním poškozením granulomatózní zánět způsobený hydrofobní agregací CNT intersticiální pulmonální fibróza, která je výsledkem produkce kolagenu způsobené fibroblasty
fullereny	<ul style="list-style-type: none"> tvorba ROS (spontánní nebo fotoaktivovaná) hydrofobní povrch zvyšuje agregaci a podporuje lokalizaci uvnitř membrány
kationické nanosféry a dendrimery	poškození membrány, její ztenčení a průsaky
Co/Ni feritové nanočástice, magnetické kovové nanočástice	uvolnění toxických kationtů
Al ₂ O ₃	<ul style="list-style-type: none"> vznik ROS podporuje zánětlivou odpověď
Cu/CuO	poškození DNA a oxidativní stres
MoO ₃	narušení membrány

6 Přístup Evropské unie k nanotechnologiím

6.1 Vývoj nanotechnologií v Evropské unii

Evropská unie si od vývoje vědních oborů zaměřených na nanotechnologie vybuodovala značnou znalostní základnu a stala se vedle USA a Japonska [2] jedním z hlavních hráčů na tomto poli. Vzhledem k menším investicím do realizací projektů přestávala být EU konkurenceschopnou svým hlavním oponentům. Proto vznikla Komise pro vědu a výzkum [33] (dále jen Komise), která díky své práci v oblasti inovací, vývoje a bezpečnosti poskytla podporu pro cestu vpřed. Jako základ pro konkurence schopnost bylo vytvoření systému odpovědného vývoje s názvem Centrum excellence. [34]

CENTRUM EXCELENCE

Je jedno přesně tematicky vyprofilované pracoviště výzkumu a vývoje (např. ústav vysoké školy, výzkumný ústav, nebo jeho jasně organizačně vymezená a účetně oddělená část, nebo obdobně vyčleněné společné pracoviště několika výzkumných institucí). Centrum je aktivní ve výzkumné činnosti, často mezioborové povahy, a programově propojuje výzkum a vývoj, vzdělávání (zejména studentů doktorských studijních programů a mladých vědeckých pracovníků) a inovační činnost. Centrum excellence dosahuje v personálním zabezpečení a technickém vybavení kritických velikostí, aby bylo schopno dosahovat mimořádně kvalitních výsledků ve výzkumu v mezinárodním měřítku. Formou dlouhodobých strategických partnerství spolupracuje s předními zahraničními pracovišti vědy a výzkumu (dále VaV), jakož i se subjekty z aplikační sféry a s předními pracovišti v daném oboru na národní úrovni. Výnosy z jiných zdrojů než zdrojů státního rozpočtu na VaV se (se zohledněním oborových specifik) výrazně podílejí na celkovém VaV rozpočtu centra i na celkových provozních nákladech centra. Podstatnou roli v jeho rozpočtu i celkových nákladech budou hrát výnosy ze zahraničních grantů.[8]

6.2 Práce Komise v oblasti bezpečnosti nanotechnologií

Během rychlého vývoje nanotechnologií a používání nanomateriálů ve více oborech Komise upozornila [2], že je třeba rozvíjet ve "světě nano" bezpečně a zodpovědně.

Je potřeba držet se etických zásad a vědecky zkoumat možnosti možného ohrožení zdraví, bezpečnosti nebo životního prostředí, rovněž s ohledem na přípravu případné legislativy. Je třeba prozkoumávat společenské dopady a brát na ně ohled. Zásadní význam má dialog s veřejností vedený tak, aby se pozornost zaměřila na opravdové problémy a ne na scénáře zavánějící „vědeckou fantastikou“. [2]

Takového postupu se jí povedlo díky velkému dohledu a analyzování světa „nano“ a vydávání průběžných zpráv o zhodnocení vývoje, které vedl např. až k vydání regulačních opatření z roku 2008. Níže jsou chronologicky seřazena jednotlivá Sdělení Komise v oblasti nanotechnologií a jejich stručný obsah v oblasti bezpečnosti a analýzy rizik.

6.2.1 Na cestě k evropské strategii pro nanotechnologie

Jedná se o sdělení z května roku 2004, ve kterém se Komise začíná zabývat otázkou bezpečnosti produktů v celém spotřebním cyklu. Jako cestu vývoje vidí zvýšení investic do vědy a vývoje, kde budou co nejdříve rozpoznány problémy, které s sebou nanotechnologie přináší. Dále posuzování produktů, jejichž obsahem jsou nanočástice a to nejen při výrobě, ale potom během celého životního cyklu vyrobeného nanomateriálu. Také se začínají objevovat snahy o přezkoumání starých předpisů týkajících se prahových hodnot (například prahové hodnoty se často definují pomocí výrobních objemů nebo hmotností, při jejichž nedosažení může být určitá látka z působnosti předpisu vyňata [2]). Tyto předpisy jsou tedy pro volné nanočástice naprosto nevhodné.

Má-li být zajištěno, že vývoj, výroba, využívání i likvidace produktu na bázi nanotechnologií budou probíhat bezpečně, je nezbytné řešit otázky rizik již od začátku jakožto nedílnou součást vývoje těchto technologií počínaje prvním návrhem a VaV a konce jejich komerčním využitím. Nanotechnologie nás staví před nové náročné problémy rovněž na úseku posuzování a zvládání rizik. Proto je důležité, aby souběžně s technologickým rozvojem probíhal patřičný VaV s cílem opatřit si kvantitativní toxikologická a ekotoxikologická data, jakými jsou údaje o reakcích lidského organismu a životního prostředí na rizikové expozice, aby bylo možno existující rizika vyhodnocovat a postupy posuzování rizik podle potřeby upravovat.[2]

6.2.2 Akční plán pro Evropu 2005-2009

Jedná se o sdělení, které o rok později vydala Komise, jako nástin aktivit, které je potřeba během určeného období zvládnout, aby Evropa zůstala konkurenceschopnou. Z hlediska bezpečnosti se objevují mimo jiné otazníky nad prodejem produktů přes internet, který podléhá slabší kontrole [3]. Analýza rizika by se měla dle Komise z hlediska lidského zdraví, životního prostředí, spotřebitelů a zaměstnanců začlenit do všech fází spotřebního cyklu této technologie – od prvního nápadu, přes výzkum a vývoj, výrobu, distribuci a použití až po likvidaci nebo recyklaci. Zaměření mělo směřovat i na výrobky, které se již staly součástí prodeje.

Nově se objevuje v této fázi vývoje i návrh REACH na zařazení nanočástic, které jsou produkovány ve vysokých objemech.

Komise si stanovila také úkoly, podle kterých by měla v daném období postupovat [3]

- v co nejranějším stádiu zjistí možná bezpečnostní rizika
- prosadí bezpečná a rentabilní opatření pro minimalizaci expozice zaměstnanců, spotřebitelů a životního prostředí vyráběným objektům o nanorozměrech.
- připraví terminologii, obecné zásady, modely a normy pro posuzování rizika v celém spotřebním cyklu produktů
- přezkoumá právní předpisy EU v příslušných odvětvích vzhledem k výše uvedeným skutečnostem a v případě potřeby navrhne změny, přičemž se zaměří především na:
 - prahové hodnoty toxicity,
 - měření a prahové hodnoty emisí,
 - požadavky na označování,
 - posuzování rizika a prahové hodnoty expozice a v) prahové hodnoty výroby a dovozu, které obvykle vycházejí z hmotnostního množství a při jejichž nedosažení může být daná látka vyňata z regulace.

6.2.3 První zpráva o provádění Akčního plánu pro Evropu 2005-2009.

Jedná se o první vyhodnocující zprávu o plnění požadavků stanovených v Akčním plánu pro Evropu 2005 - 2009, který si komise stanovila. V oblasti bezpečnosti pro „nano“ zde Komise hodnotí svůj pokrok v úkolech, které si v dokumentu výše stanovila. V tomhle období se jí ještě nepodařilo dokončení přezkumu stávajících předpisů, proto se stále obracelo na stávající metody a staré regulační mechanismy. [4]

Díky zaměřenému výzkumu a mezinárodní spolupráci v oblasti bezpečnosti nanotechnologií byly zjištěny nové rizikové vlastnosti výroby. Dne 10. března 2006 přijal na výzvu Komise Vědecký výbor pro vznikající a nově zjištěná zdravotní rizika (dále „SCENIHR“) na základě veřejných konzultací stanovisko o posuzování rizik souvisejících s nanotechnologiemi. SCENIHR má za to, že ačkoli jsou stávající toxikologické a ekotoxikologické metody pro posouzení nebezpečí souvisejících s nanočásticemi vhodné, nemusí být dostačující k tomu, aby se zaměřily na veškerá rizika. Po tomto sdělení Komise proto požádala SCENIHR [4], aby do konce roku 2007 provedl podrobnější analýzu současné metodiky posuzování rizika, jak je stanovena v Technických pokynech pro chemikálie. [15] SCENIHR přijal své stanovisko po veřejné konzultaci ve dnech 21. – 22. června 2007. Došel k závěru, že zatímco je pravděpodobné, že současné metodiky mohou zjistit rizika související

s nanočásticemi, bude potřeba provést změny ve stávajících pokynech. SCENIHR také určil problematické oblasti, které vyžadují zlepšení technických pokynů a metodik, a navrhnul stupňovou strategii pro posuzování rizika nanomateriálů. [4] Mezi tyto oblasti se dle [15] řadí především vystavení pracovníků a okolí volným nanočásticím a vliv na životní prostředí.

V období od 2005 – 2007 bylo vypracováno několik dokumentů, jako je kodex chování pro nanotechnologie, pokyny pro bezpečnou výrobu a činnosti zahrnující nanočástice na pracovištích a podrobné informace o charakterizaci nanomateriálů, které jsou uvedeny v zhodnocení přístupu EU k řízení rizik.

Také se v tomto období začíná objevovat mezinárodní spolupráce EU a jiných zemí, jako je USA nebo Japonsko. Jednalo se zejména o vývoj společných norem a zkušebních metod.

Základní fórum pro koordinaci činností na mezinárodní úrovni poskytla pracovní skupina pro vyrobené nanomateriály OECD. Její pracovní program zahrnuje šest zvláštních projektů [36], které se zabývají mj. znalostními mezerami s ohledem na dopad na zdraví a životní prostředí, databázemi, zkušebními systémy, pokyny, metodikami posuzování rizika a výměnou informací o dobrovolných programech a regulačních přístupech. Předpokládá se, že Komise, za podpory vědeckých výborů, jakož i evropských orgánů, bude i nadále přispívat k tomuto mezinárodnímu úsilí.[4]

6.2.4 Druhá zpráva o provádění Akčního plánu pro Evropu 2005-2009.

Jedná se shrnutí druhé etapy plánu pro EU mezi lety 2007 - 2009, který si komise stanovila.

Po dokončení přezkumu stávajících předpisů, které se nestihlo v první fázi, přijala Komise v červnu roku 2008 sdělení „Regulační aspekty nanomateriálů“ (uvedené v další podkapitole 6.3.1), čímž splnila závazek učiněný v akčním plánu. Také byl vypracován pracovní dokument, ve kterém byl uveden přehled právních předpisů souvisejících se zdravím, bezpečností a životním prostředím z hlediska nanomateriálů a rovněž potřeby a opatření vztahující se k výzkumu potřebnému pro provedení právních předpisů.

Projekty, které stanovila komise v roce 2005, na řešení otázek ochrany zdraví a životního prostředí vedly k lepšímu pochopení mechanismů vzájemného působení mezi nanomateriály a biologickými systémy a dále k rozvoji testovacích metod, např. pro posouzení expozice.

Spolupráce EU s jinými státy už je v tomto období pevně daná a dále se rozvíjí pod záštitou OECD. Komise je naplno zapojena do současné práce v rámci pracovní skupiny pro

vyrobené nanomateriály (WPMN), která vyvíjí testovací metody a pokyny pro posouzení rizik. Normalizační činnost ISO usnadní celosvětové sbližování norem pro provádění právních předpisů. [5]

Z regulačního hlediska existovala řada naléhavých potřeb:

- posílit a harmonizovat financování výzkumu, držet krok s rozvojem a uváděním nových aplikací na trh.
- upravit metody pro posouzení rizik, které jsou v současnosti k dispozici, ověřit je a harmonizovat pro nanomateriály.
- ověřit metody v oblastech charakterizace, posouzení expozice, identifikace nebezpečí, posouzení životního cyklu a simulace
- pro zajištění jakosti metod jsou potřebné vhodné referenční nanomateriály.
- zřídit veřejně přístupné databáze, které budou sloužit pro posouzení bezpečnosti nanomateriálů.
- urychlit vypracování pokynů pro provádění testů a norem v rámci OECD, ISO a CEN.

Úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) obdržel od Evropské Komise požadavek, aby vydal do 31. 3. 2008 stanovisko k obecnému posouzení rizik z nanotechnologií v souvislosti s potravinami, krmivy a životním prostředím. Podle Komise je téměř jisté, že se nanotechnologie používá v membránách, antibakteriálních prostředcích, ochucovadlech, filtrech, suplementech a stabilizátorech. Použití nanotechnologie u senzorů patogenů a kontaminantů je podle Komise pravděpodobné. Za nepravděpodobné označila Komise vytváření neomezeného počtu potravin syntézou probíhající na úrovni atomů (“bottom-up” postupem). Komise vyzvala EFSA, aby spolupracoval s Vědeckým výborem pro nově se objevující a nově identifikovaná zdravotní rizika (SCENIHR) a GŘ pro zdraví a ochranu spotřebitele (DG SANCO). EFSA se pokouší omezit široce pojaté pověření ohledně rizik z nanotechnologií na užší specifikovanou oblast. [16]

6.3 Opatření pro zvýšení bezpečnosti nanomateriálů a nanotechnologií

6.3.1 Regulační aspekty nanomateriálů

Jedná se o regulační přezkum právních předpisů evropské unie v příslušných odvětvích. Týká se nanomateriálů, které jsou právě vyráběny nebo které již byly uvedeny na trh. Regulační činnost tedy je zajistit, aby společnost měla prospěch z nových možností použití nanotechnologie a aby zároveň zůstala zachována vysoká úroveň ochrany zdraví, bezpečnosti

a životního prostředí. Toto nařízení se však netýká nanomateriálů, které vznikají neúmyslně, například při opracovávání kovů, nebo jako vedlejší produkt hoření. [6]

V EU už jsou dány předpisy, o které se může bezpečnost v oblasti nanomateriálů opřít, a ty jsou v tomto dokumentu uvedeny. Druhá část tohoto sdělení je věnovaná zdokonalení znalostní základny pro „nano“ (hlavně vytváření nových zkušebních metod a metod analýzy rizika), dalšímu přezkumu předpisů a informovanosti koncového uživatele výrobku. Jako priorita byla určena oblast kosmetických přípravků, léčiv, zdravotnických prostředků, chemických látek a bezpečnost potravin.

Právní předpisy týkající se aspektů zdraví, bezpečnosti a životního prostředí v souvislosti s nanomateriály spadají do tematických oblastí „chemické látky“, „ochrana pracovníků“, „produkty“ a „ochrana životního prostředí“ a jsou použitelné současně. [6]

Chemické látky

V EU platný předpis, který se vztahuje na výrobu, uvádění na trh a používání látek samotných, obsažených v přípravcích nebo v předmětech, se nazývá nařízení REACH. [25] Jedná se o zásadu, ve které se výrobci, dovozci a následní uživatelé zavazují, že vyrábějí, uvádějí na trh nebo používají látky, které nepůsobí nepříznivě na lidské zdraví nebo životní prostředí.

V nařízení REACH se nevyskytují žádná ustanovení, která by se výslovně vztahovala na nanomateriály, avšak pojem nanomateriály spadají do definice „látky“. Ustanovení tohoto nařízení se opírají o zásadu předběžné opatrnosti.

Ochrana pracovníků

V EU ochranu pracovníků upravuje směrnice 89/391/EHS [17], ve které jsou uvedeny povinnosti zaměstnavatele, aby dbal bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků. Ty se vztahují na všechny látky a na celou fázi procesu výroby, bez ohledu na počet pracovníků, množství vyrobeného materiálu nebo použitou technologii.

Tato směrnice se v celém rozsahu vztahuje i na nanomateriály. Zaměstnavatelé proto musí provést posouzení rizika, a pokud je riziko zjištěno, musí přijmout opatření k jeho odstranění. [6]

Produkty

V EU pro ochranu spotřebitelů existuje směrnice 2001/95/ES [18] (o obecné bezpečnosti výrobků), která může obecně zastřešit spotřební zboží, na které se nevztahují zvláštní právní předpisy (jako jsou krémy, léky, obaly atd.)

V podstatě všechny právní předpisy týkající se produktů ukládají povinnost posouzení rizika a přijetí opatření k řízení rizik. Nanomateriály nejsou z této povinnosti vyňaty. [6]

Životní prostředí

V EU existuje řada směrnic, zabývajících se otázkou životního prostředí, ovšem problematika nanomateriálů do nich není zahrnuta.

Směrnice o integrované prevenci a omezování znečištění [19] (IPPC) se vztahuje na zařízení průmyslového charakteru a vyžaduje, aby zařízení, jež spadají do její oblasti působnosti, byla provozována v souladu s povolením, včetně mezních hodnot emisí založených na uplatnění nejlepších dostupných technik. Směrnice IPPC by v podstatě mohla být využita v uvedených zařízeních i pro kontrolu dopadů nanomateriálů na životní prostředí tak, že tato hlediska budou v případě potřeby zohledněna při přípravě referenčního dokumentu Komise o nejlepších dostupných technikách (BAT). [35]

Směrnice Seveso II [20] se použije na zařízení, ve kterých se uvedené nebezpečné látky (nebo látky určitých kategorií) nacházejí v množství přesahujícím určité prahové hodnoty. Směrnice ukládá provozovatelům obecnou povinnost přijmout všechna nezbytná opatření k prevenci závažných havárií a omezení jejich následků pro člověka a životní prostředí. Pokud se zjistí, že některé nanomateriály představují nebezpečí závažné havárie, mohou být podle této směrnice zařazeny do některé z kategorií a mohou být pro ně stanoveny příslušné prahové hodnoty.[6]

Rámcová směrnice o vodě (2000/60) [21] stanoví obecné zásady a celkový rámec pro zlepšení vodního prostředí, postupné snižování znečišťování prioritními látkami, odstranění emisí, vypouštění a úniků prioritních nebezpečných látek do vody. Byl stanoven seznam 33 prioritních látek. Nanomateriály by v závislosti na svých nebezpečných vlastnostech mohly být zahrnuty mezi prioritní látky.[6]

Směrnice 2006/12/ES [22] o odpadech stanoví obecný rámec, aby zpracování odpadu nepříznivě neovlivňovalo zdraví a životní prostředí. Směrnice o nebezpečných odpadech vymezuje, které odpady jsou nebezpečné, a stanoví pro ně přísnější pravidla. Odpady obsahující nanomateriály by mohly být klasifikovány jako nebezpečné, jestliže má nanomateriál příslušné vlastnosti, které činí tento odpad nebezpečným. Byly přijaty zvláštní právní předpisy pro konkrétní toky odpadů nebo pro specifické postupy zpracování odpadů, jako je spalování a skládky. Stávající právní předpisy EU týkající se odpadů obsahují obecné požadavky na ochranu zdraví a životního prostředí při nakládání s odpady. Obsahují rovněž podmínky pro nakládání se specifickými odpadními látkami, které mohou obsahovat nanomateriály, ale na riziko spojené s nanomateriály se výslovně nevztahují. Pokud nastane potřeba stanovit specifičtější pravidla, lze navrhnout nebo provést vhodné opatření v rámci

stávajících právních předpisů. Podobně i členské státy mohou takové kroky podniknout při provádění stávajících ustanovení v rámci vnitrostátních politik.[6]

6.3.2 *Kodex chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanověd a nanotechnologií*

Tento kodex [23] byl vydán začátkem roku 2008 v souvislosti s Akčním plánem pro Evropu a doplňuje právní předpisy a poskytuje obecně všem osobám v oblasti nanověd a nanotechnologií pokyny, které podporují odpovědný a otevřený přístup k výzkumu v oblasti NaN ve Společenství.

Je založen na principu dobrovolnosti, nejsou zde zveřejněny žádné mezní limity, jedná se jen o obecné doporučení pro odpovědný vývoj. Jeho hlavní zásady, kterých by se mělo dodržovat jsou:

- bezpečnost z hlediska zdraví a životního prostředí
- princip předběžné opatrnosti
- směrování výzkumu k inovacím
- otevřenost výzkumu vůči veřejnosti
- udržitelnost výzkumu

6.3.3 *Předběžná opatrnost*

Evropská komise v dokumentu stanoví konkrétní případy, kdy se používá princip předběžné opatrnosti [26]:

- tam, kde jsou vědecké údaje nedostatečné, neprůkazné nebo nejisté
- tam, kde z předběžného vědeckého hodnocení vyplývá, že se lze důvodně obávat potenciálně nebezpečných vlivů na zdraví lidí, zvířat a rostlin. (V obou případech nejsou rizika souměřitelná s vysokou mírou ochrany požadovanou v EU)

Ve sdělení se také stanoví tři pravidla, která je třeba při uplatnění principu předběžné opatrnosti:

- komplexní vědecké vyhodnocení provedené nezávislým autoritativním subjektem s cílem stanovit stupeň vědecké nejistoty
- hodnocení potenciálních rizik a následků hrozících v případě, že se problém nebude řešit
- účast všech zainteresovaných stran (za podmínek maximální průhlednosti) na studiu možných opatření

Nakonec Komise upozorňuje, že opatření přijatá v případě uplatnění principu předběžné opatrnosti mohou mít formu rozhodnutí, zda provést zásah či nikoli, a to v závislosti na míře rizika považovaného za „přijatelné“. Unie uplatnila princip předběžné opatrnosti [26] například v případě geneticky modifikovaných organismů (GMO) – stalo se tak v roce 1999, kdy vstoupilo v platnost moratorium na GMO. Ovšem v tomto případě je veden spor mezi USA a EU. Evropská Komise s odvoláním na princip předběžné opatrnosti zakazuje s nepatrnými výjimkami pěstování GMO plodin v celé Evropě. V USA a mnoha dalších státech světa se ale tyto plodiny běžně pěstují a konzumují již více než deset let, aniž by to mělo negativní následky na lidi, zvířata, rostliny nebo životní prostředí. Většina evropských hospodářských zvířat je přitom již nyní krmena směsí na bázi GMO sóji dováženou z Latinské Ameriky. To ale nikomu nevádí. GMO plodiny jsou přitom opět řádně vědecky odzkoušené, certifikované a prověřené v USA, které jsou známé mimořádně přísnými požadavky na zdravotní nezávadnost. V tomto případě by se to dalo přirovnat k případu, že by Komise zakázala používání kuchyňských nožů, jelikož by se s nimi dalo zavraždit člověka.

6.3.4 Regulace kosmetických produktů

Regulačním nařízením pro nanomateriály v kosmetických přípravcích se věnuje z této směrnice především článek 16. [24] Jedná se o důležité informace o výrobcích na trhu se již vyskytujících (nebo teprve připravených k prodeji), které výrobce zašle do roku 2013 Komisi.

Oznámené informace pro Komisi budou obsahovat přinejmenším následující:

- identifikace nanomateriálu, včetně jeho chemického
- specifikace nanomateriálu zahrnující velikosti částic, fyzické a chemické vlastnosti
- roční odhad množství nanomateriálu v kosmetických produktech
- toxikologický profil nanomateriálu
- bezpečnostní data nanomateriálu vztahující se k jakostní třídě kosmetického produktu

Do 11 ledna 2014, Komise zpřístupní seznam všech nanomateriálů použitých v kosmetických produktech umístěných na trh. Tento katalog bude pravidelně aktualizovaný a veřejně zpřístupněný. Termíny aktualizace katalogu ovšem Komise nestanovila.

Komise předloží Evropskému parlamentu a Radě výroční stavové zprávy, ve kterých podá informace o použití nanomateriálů v kosmetických produktech uvnitř společenství.

Komise bude pravidelně recenzovat zásoby této regulace týkající se nanomateriálů s ohledem na vědecký pokrok a bude se snažit, podle potřeby, navrhnout vhodné doplňky zákonu pro ty zásoby.

6.3.5 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v Evropské unii

Pro členské státy EU vydala koncem roku 2006 Komise Strategii Evropského společenství pro BOZP na období 2007-2012, kde vytýčila jako jeden z úkolů identifikaci zdravotních rizik při práci s novými materiály a technologickými procesy.

V této souvislosti je konkrétně uvedena také práce s nanomateriály a nanotechnologiemi. V Evropské unii je řešením otázek BOZP pověřena Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA), která se v současnosti podílí na řešení zajímavého projektu NEW OSH ERA [37]. Tento projekt je zaměřen na nově vznikající rizika v oblasti BOZP a předvídání a zvládání změn na pracovištích souvisejících s těmito riziky. Součástí těchto „nových“ rizik, kterých bylo definováno celkem 7, jsou i rizika spojená s expozicí nanočásticím [27]. Kromě EU-OSHA se na tomto projektu podílí dalších 19 subjektů z 11 nejvyspělejších zemí světa, což dokládá, že EU této věci přikládá zvláštní důležitost.

Řešení bezpečnosti při práci s nanomateriály se v rámci EU účastní také partnerské výzkumné ústavy organizované ve skupině PEROSH (Partnership for European Research in Occupational Safety and Health)[38]. PEROSH má celkem 13 členů, jak je uvedeno v tabulce 4 níže, kteří se v příslušných zemích věnují bezpečnosti a ochraně zdraví při práci. Smyslem partnerství v rámci PEROSH je (ve spolupráci s orgány EU a vnitrostátními orgány členských států) posilovat evropský výzkum v oblasti BOZP, podpora sdílení informací a rozvíjení vzájemné spolupráce členských institutů i s jinými výzkumnými centry.

Tabulka 4: Partnerské instituty PEROSH [ZDROJ 38]

Země	Institut	Zkratka
Německo	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	BAuA
	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung	BGIA
Polsko	Central Institute for Labour Protection - National Research Institute	CIOP-PIB
Finsko	Finnish Institute of Occupational Health	FIOH
Velká Británie	Health and Safety Laboratory	HSL
Francie	Institut National de Recherche et de Sécurité	INRS
Španělsko	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo	INSHT
Itálie	Istituto Superiore Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro	ISPESL
Dánsko	National Research Centre for the Working Environment	NRCWE
Belgie	Institute for Occupational Safety and Health	Prevent
Norsko	Statens arbeidsmiljøinstitutt	STAMI
Nizozemsko	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research	TNO
Česká republika	Occupational Safety Research Institute	VÚBP

6.3.6 Další dobrovolná opatření

Řada zemí EU přijala další opatření, a to zejména Německo, Švýcarsko a Velká Británie. K těmto zemím se přidalo i několik velkých výrobců [27].

•BASF „Code of Conduct on Nanotechnology“

Jedná se o dobrovolný kodex pro kvalitnější výrobu se zvýšeným dohledem na bezpečnost. Hlavně identifikace rizik, zodpovědný přístup, ochrana zdraví a životního prostředí, přijímání vhodných opatření a s výsledky jejich práce v oblasti bezpečnosti se snaží seznámit i veřejnost.

•Bayer „Code of Good Practice on the Production and on-site-use of Nanomaterials“

•DuPont „Nano Risk Framework“

Německo uveřejnilo 14. 1. 2011 „Action Plan Nanotechnology 2015“, v němž otázky nano bezpečnosti hrají podstatnou roli.

6.4 Zhodnocení přístupu Evropské unie k řízení rizik

Pro posouzení bezpečnosti nanotechnologií a nanomateriálů v Evropské unii jsem vypracoval přehledné schéma, kde je nastíněn vývoj jednotlivých bezpečnostních opatření v relaci s prací Komise. Toto schéma na obrázku č. 4 pomůže k lepšímu zhodnocení přístupu EU k problematice bezpečnosti nanotechnologií.

Za výchozí období považuji 90. léta minulého století, jelikož v tomto období dochází velkému rozvoji použití NaN ve všech oblastech průmyslu. Nejedná se už jen o oblast výzkumu, ale s NaN se začínáme setkávat i v běžném životě. Také se v této době objevují první národní programy pro nanotechnologie. Po dřívějších zkušenostech s novinkami v průmyslu (jako DDT, azbest) se všude po světě dodržuje princip předběžné opatrnosti [26] a EU není výjimkou. Znalosti v oblasti bezpečnosti nanotechnologie jsou velmi malé, ovšem přínos této nové technologie je ohromující. Především využití NaN v oblasti strojírenství, medicíny a elektroniky lze považovat za slepici snášející zlatá vejce.

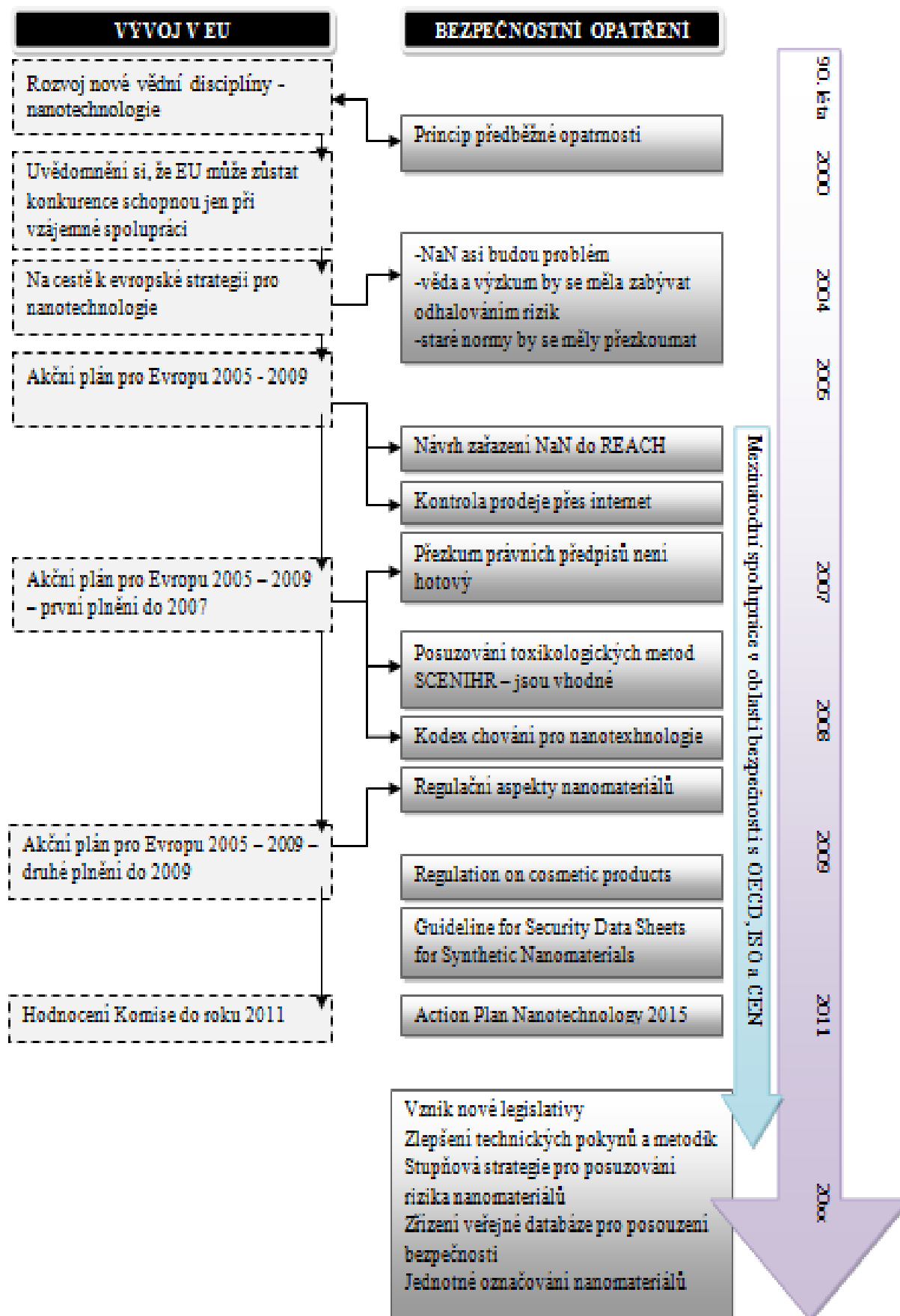
Kolem roku 2000 se v EU projevuje tlak na spolupráci mezi jejími členy. Do této doby měly jednotlivé státy své vlastní programy, firmy si hlídaly své nápady a nedocházelo ke koordinovanému rozvoji mezi členy unie. Rostl vědecký pokrok jednotlivých zemí, ovšem docházelo k úpadku realizovat znalosti NaN ve výrobcích. [2] EU nevyužívá naplno svého potenciálu, do popředí se dostávají její hlavní konkurenti USA a Japonsko. Problematikou se začíná zabývat Evropská Komise, která později hraje i velkou roli na poli bezpečnosti.

Roku 2004 vydává Komise studii Na cestě k evropské strategii. [2] Zde dochází k vyzdvihnutí bezpečnosti, nutnosti začít něco podnikat pro kontrolu NaN. Dochází k přezkumu stávajících právních předpisů, které by šly využít i pro NaN.

Roku 2007 Komise vydává zprávu o plnění úkolů, které si zadala v Akčním plánu pro Evropu [3]. Jedná se především o odhalení rizik v co nejranějším stádiu, prosazení opatření pro minimalizaci expozice zaměstnanců, spotřebitelů a životního prostředí vyráběným objektům o nanorozměrech. Dále připravit terminologii, obecné zásady, modely a normy pro posuzování rizika v celém spotřebním cyklu produktů a přezkoumat právní předpisy EU a v případě potřeby navrhnout změny.

V oblasti bezpečnosti v první etapě došlo k dohodě o mezinárodní spolupráci přes organizaci OECD a také sjednocování norem ISO. Byl vydán Kodex chování pro nanotechnologie [23], který ovšem ve své podstatě nic neřeší, je dobrovolný. Větší váhu na oblast NaN má principu předběžné opatrnosti, kdy Komise může určité odvětví výroby regulovat. Na požádání Komise provedla SCENIHR přezkum toxikologických metod pro chemické látky se závěrem, že lze tyto metody použít i pro nanomateriály, ale v mnohých případech by byla potřeba metod nových. Takže se nejednalo o žádný posun vpřed.

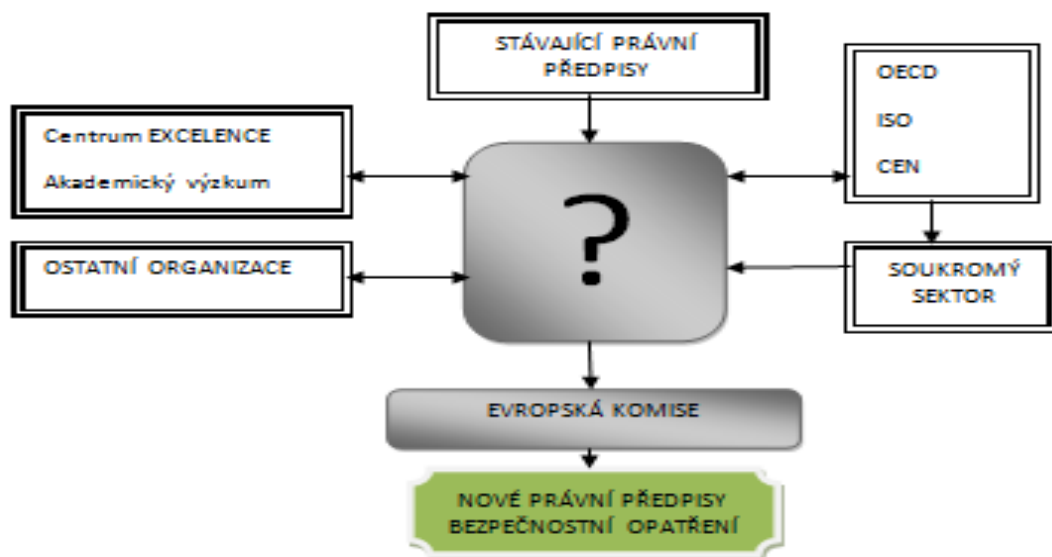
Roku 2009 Komise vydává zprávu o druhé etapě vývoje. Jako stěžejní bod v oblasti bezpečnosti se jeví vydání regulačních aspektů pro nanomateriály. Jedná se o dokončený přezkum stávajících právních norem, o které se lze opřít při výrobě a zpracování nanomateriálů, ale i pokrýt celý životní cyklus výrobku, kde se tyto částice vyskytují. Zařazení do REACH - problém zůstává v tom, že žádné mezní limity při výrobě nejsou nastaveny, na látky se pohlíží dle pravidla: „pokud je látka toxická, nanočástice této látky jsou také toxické“ a vyřešení celého problému se považuje za vydání bezpečnostní zprávy. Při ochraně pracovníků je obecná směrnice EU (89/391/EHS) opravdu jen obecná. Výroba nanomateriálů je tak specifická, že volá po zavedení samostatných směrnic, které stanoví specifitější pravidla, pokud jde o konkrétní aspekty bezpečnosti a zdraví. Například by se mohlo jednat o příslušné směrnice týkající se rizik spojených s expozicí karcinogenům nebo mutagenům při práci, rizik spojených s chemickými činiteli používanými při práci, používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci, používání osobních ochranných prostředků při práci a bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených riziku výbušných prostředků. Pro bezpečnost výrobků platí obecné předpisy, nová regulační omezení se začínají objevovat až později hlavně pro kosmetické výrobky a potraviny (obaly potravin). Při ochraně životního prostředí jsou stávající právní předpisy a úmluvy dostatečné.



Obrázek 4: Vývoj bezpečnosti nanomateriálů v EU [ZDROJ: vlastní]

Z výše uvedeného textu lze rozpoznat, že vývoj v oblasti bezpečnosti nanotechnologií je stále v počátcích. V EU chybí zastřešující mezinárodní organizace, která by měla samostatné prostředky, zázemí a potřebné know how, aby mohla koordinovat vývoj v jednotlivých členských státech, ať v soukromém, nebo státním oboru, dále s jednotlivými jinými evropskými organizacemi. Jako skvělý příklad se jeví postavení agentury EPA v USA, kde jsou mnohem dále. Na obrázku 5. jsem zobrazil spolupráci organizací spějící k podpoře výzkumu a řízení rizik v EU.

Jedná se o centralizovaný model, kde uprostřed by se měla nacházet nadnárodní organizace, která by ovlivňovala ostatní organizace, čerpala od nich informace, nebo zadávala úkoly pro bezpečný vývoj. Na levé straně se nacházejí organizace, které jsou financovány penězi převážně z evropského rozpočtu, odkud se zatím dostává nejvíce informací pro bezpečnost. Především akademický výzkum na univerzitách, nebo vývojové centra Excellence, dále ostatní organizace, kam započítáváme například Evropskou technologickou platformu bezpečnosti průmyslu (ETPIS), Vědecký výbor pro nově se objevující a nově identifikovaná zdravotní rizika (SCENIHR), Generální ředitelství pro zdraví a ochranu spotřebitele (DG SANCO), Úřad pro bezpečnost potravin (EFSA). Komunikace na této straně schématu je především obousměrná.



Obrázek 5: Schéma vzniku organizace pro bezpečnost [ZDROJ vlastní]

Nejvýše na schématu jsou umístěny stávající právní předpisy, které jsou nyní brány jako dostačující, ale to jen kvůli tomu, že jsou velmi obecné a dají se použít i NaN. Na pravé straně schématu se nacházejí mezinárodní organizace, jako například OECD, pomocí ní jde

pokračovat ve výzkumu společně s ostatními státy mimo EU. Dále certifikační organizace, které pomáhají k sjednocování postupů a metod řízení rizik. Soukromý sektor se zatím nejvíce zabývá výdělkem a otázka bezpečnosti se moc neřeší. Existují ovšem i špičkové firmy především v Německu jako BASF nebo Bayer, které díky svému bezpečnému přístupu si uvědomují rizika a mají velký přínos. Doposud práci této centrální organizace zastává Komise, ovšem dle textu výše vyplývá, že na to nestačí a bylo by potřeba jiné organizace, s již vytvořeným zázemím například v ochraně životního prostředí stejně jak je tomu v USA. Výsledky práce by byly předány Komisi a ta by pomohla až s vytvořením nové legislativy.

7 Přístup České Republiky k nanotechnologiím

7.1 Vývoj nanotechnologií v ČR

Dá se říci, že stejně jako v ostatních zemích je i v České Republice vědní obor - nanotechnologie na vzestupu. Objevuje se stále více firem, které se snaží nanomateriály zapojit do své výroby, jako součásti zlepšující vlastnosti jejich produktů. [1] Je to způsobeno možnostmi rizikového kapitálu z Evropské unie a také značnou spoluprací na mezinárodní úrovni s podniky zabývajícími se stejným zaměřením výroby. Mezi státy bývalého východního bloku se může Česká republika označit jako země, kde bylo dosaženo největšího pokroku. [28]

Podstatnou roli ve vývoji odvětví hraje i stát. Pomáhá při realizaci projektů, ale velké peníze jdou i do výzkumu pod záštitou vzdělávacích organizací. Existují dvě formy financování:

- institucionální podporou, což je poskytnutí tzv. institucionálních prostředků na výzkumný záměr, na specifický výzkum na vysokých školách nebo na mezinárodní spolupráci České republiky ve výzkumu a vývoji,
- účelová podpora, tedy poskytnutím tzv. účelových prostředků na určitý projekt výzkumu a vývoje. Účelová podpora je poskytována formou dotace právnickým a fyzickým osobám. Rozlišují se programové projekty řešené v rámci výzkumných programů a grantové projekty řešené v rámci soutěží grantových agentur (Grantová agentura ČR, Grantová agentura Akademie věd ČR).

AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY (AV ČR)

Hlavním posláním Akademie věd a jejích pracovišť je uskutečňovat základní výzkum v širokém spektru přírodních, technických, humanitních a sociálních věd. Tento výzkum – ať již svou povahou vysoce specializovaný nebo interdisciplinární – usiluje o rozvoj poznání na mezinárodní úrovni, respektuje však přitom aktuální potřeby české společnosti a domácí kultury.

Na podporu výzkumu v oblasti nanotechnologií je v současné době zaměřen především program „Nanotechnologie pro společnost“. Projekty zaměřené na tuto oblast se řeší také v rámci dalších programů AV ČR.

VYSOKÉ ŠKOLY A UNIVERZITY

V České republice je systém vysokoškolského vzdělávání na velmi vysoké úrovni a budoucnost používání nanomateriálů a nanotechnologií v průmyslu je zde známým faktem. Proto každá vysoká škola nebo univerzita s technickým zaměřením nebo lékařstvím

podporuje vznik nových oborů, nebo jejich úpravu s ohledem na využití těchto nových metod a pokroku. Ruku v ruce se vznikem nových oborů jde i vznik výzkumných center, jako je například Institut nanotechnologií Ostravě.

7.2 Legislativní podpora bezpečnosti nanotechnologií v České republice

Po přezkoumání právních předpisů v ČR jsem nenašel žádnou legislativní podporu, která by se přímo věnovala problematice nanotechnologií. V současné době se ani nějaká změna stávajících předpisů nechystá, kde by byla bezpečnost nanotechnologií řešena.

Pro podniky v ČR tedy platí jen předpisy EU:

- nařízení REACH [25] pro výrobu, uvádění na trh a používání látek samotných, obsažených v přípravcích nebo v předmětech
- směrnice 89/391/EHS [17] na ochranu pracovníků
- směrnice 2001/95/ES [18] o obecné bezpečnosti výrobků
- směrnice o integrované prevenci a omezování znečištění [19] (IPPC)
- směrnice Seveso II [20]
- směrnice o vodě (2000/60) [21]
- směrnice 2006/12/ES [22] o odpadech

7.3 Zhodnocení přístupu České republiky k řízení rizik

V České republice jakožto v zemi Evropské unie jsou uplatňovány v oblasti řízení rizik stejné normy jako v ostatních členských zemích. Jedná se hlavně o soubor regulačních aspektů pro EU z roku 2009. Ovšem i tyhle dosud platné bezpečnostní standardy vycházejí z limitních hodnot pro látky, ze kterých jsou nanomateriály složeny, avšak neberou v úvahu experimentálně ověřený fakt, že nanočástice mohou v lidském těle na rozdíl od větších částic pronikat do orgánů a tkání a vyvolávat v nich nežádoucí toxické účinky.

Fakt, že bezpečnost nanotechnologií zaostává za jejich vlastním rozvojem, je dán i tím, že se z hlediska chemických a fyzikálních vlastností jedná o nesmírně rozmanité materiály (uhlík, kovy, oxidy), jejichž možné nežádoucí účinky závisejí na řadě parametrů. Proto je nalezení společných bezpečnostních standardů tak obtížné.

Co se týká České republiky obecně, tak otázka bezpečnosti nanotechnologií se v našem státě dlouhodobě podceňuje, respektive financování takových projektů je špatně nastaveno. Podpora je nesmyslně podmíněna kofinancováním soukromými subjekty, pro něž je to především finančně neúnosné; malé soukromé firmy v ČR se nemohou svou finanční silou srovnávat s koncerny jiných zemí EU. Navíc je k tomu zatím žádná legislativa nenutí.

ČR se hlásí k společné iniciativě EU v oblasti nanotechnologií zaměřené na bezpečnou a odpovědnou strategii v nanovědách a nanotechnologiích. V tomto směru bylo publikováno doporučení EK "kodex chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanověd a nanotechnologií.

V posledních letech se v ČR alespoň objevilo pár konferencí, kde se tato otázka začíná řešit. Jako nejvýznamnější bych hodnotil konference o ochraně obyvatelstva 2010 v Ostravě, dále konferenci z prosince roku 2010 v Praze a následně leden roku 2011 v Ostravě.

Konference High Level Simposium on Nanotechnology Safety v Praze byla první, kde se sešly špičky v oboru bezpečnosti nejen z našeho státu. Tuto konferenci lze považovat, jako základní kámen projektu, který by měl v České republice vzniknout. Jednalo se především o upozornění na problematiku nezapojení se našeho státu do řešení bezpečnosti. Zde se účastníci domluvili, že se všechny zainteresované strany a potenciální partneři sejdou v lednu roku 2011 v Ostravě a pokusí se dohodnout na návrhu nanotoxikologického projektu.

V Ostravě následujícího roku proběhlo setkání "u kulatého stolu" pořádané CZ-TPIS, přesněji její pracovní skupinou pro bezpečnost nanotechnologií, kde účastníci seznámili své kolegy s jejich podpůrnými prezentacemi. Šlo hlavně o možnosti podpory výzkum, které mohou účastníci nabídnout. Jejich společný projekt by měl vyprodukovat světově přijatelné výsledky publikovatelné v mezinárodních impaktovaných časopisech. Problém bohužel zůstává ve financování takového projektu. V rámci stávajícího nastavení podpory základního a aplikovaného výzkumu to nelze.

I když jsou to teprve základy aktivního přístupu ČR k problematice bezpečnosti NaN a bude velmi obtížné sehnat finanční podporu, věřím, že díky kvalitní vědecké základně, se stane přínos společného projektu pro EU užitečným.

8 Přístup USA k nanotechnologiím

8.1 Vývoj nanotechnologií v USA

NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE [30] (dále jen NNI) je iniciativa podporující dlouhodobý výzkum a vývoj v nanorozměrech, který by měl vést k zlomovým vědeckým objevům. Vznik NNI se datuje do roku 2001 a od té doby slouží jako centrální místo pro komunikaci jednotlivých státních agentur, které se chtějí účastnit vývoje v oblasti nanotechnologií.

NNI vytváří rámec pro komplexní vědu a vývoj na úseku nanotechnologií. Program zavádí společné cíle, priority a strategie, a poskytuje možnosti pro každé jednotlivé agentury využít zdroje všech zúčastněných agentur.

Dnes NNI zastřešuje 25 státních agentur, mezi nejvýznamnější patří [6]:

- Department of Defence - DOD (Ministerstvo obrany), 54 %
- Department of Energy - DOE (Ministerstvo energetiky), 9 %
- Department of Commerce - DOC (Ministerstvo obchodu), 2 %
- Department of Transportation - DOT (Ministerstvo dopravy), 1 %
- National Institutes of Health - NIH (Národní ústavy zdraví), 16 %
- National Aeronautics and Space Administration - NASA (Národní správa pro letectví a kosmos), 13 %
- U.S. Environmental Protection Agency - EPA (Národní agentura pro ochranu životního prostředí), 0,7 %
- National Science Foundation - NSF (Národní nadace pro vědu), 3 %

Procenta uvedená za jednotlivými názvy agentur ukazují, kolik finančních prostředků přerozděluje NNI jednotlivým agenturám. V USA zastřešuje otázku v oblasti bezpečnosti nanotechnologií vládní agentura EPA.

8.2 U. S. Environmental Protection Agency

Agentura pro ochranu životního prostředí [31] (dále jen EPA) je agentura, spadající pod Federální vládu Spojených států amerických, pověřená ochranou lidského zdraví a životního prostředí; vzduchu, vody a země. Její činnost je mnohočetná, včetně navrhování zákonů a podpory výzkumu a vývoje životního prostředí. EPA vznikla spojením několika organizací v roce 1970. Nyní je to už přes čtyřicet let od vzniku této agentury. Za tuto dobu měla agentura velký přínos pro ochranu životního prostředí, v podobě vydávání zákonů na

jeho ochranu. Výzkum a vývoj je řízen a podporován ORD (Office of Research & Development).

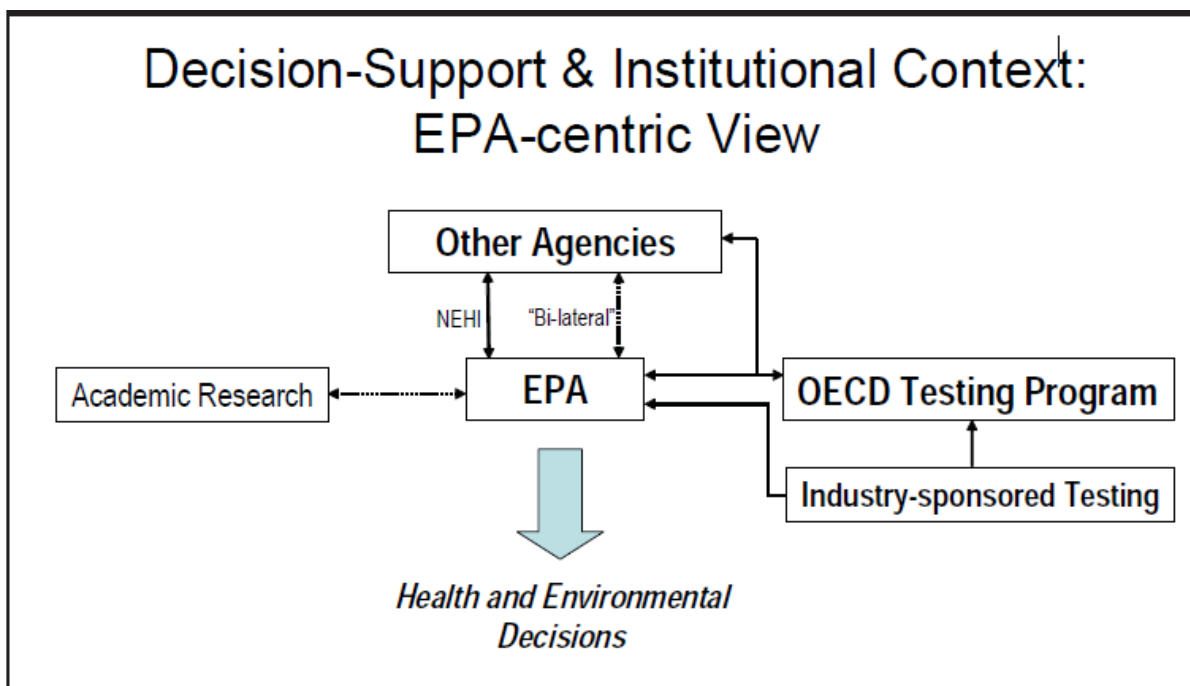
Posláním ORD je zajišťovat špičkový výzkum a pečovat o optimální využití výsledků vědy a techniky pro naplňování hlavní úlohy EPA. Pro nejbližších 10 let byl zpracován strategický plán, který obsahuje hlavní cíle ORD, vědecké priority a rovněž plán realizace výsledků výzkumu. ORD řídí činnost čtyř výzkumných center (National Exposure Research Laboratory (NERL), National Health & Environmental Effects Research Laboratory (NHEERL), National Center for Environmental Assessment (NCEA) a National Risk Management Research Laboratory (NRMRL)). Externí výzkum řídí National Center for Environmental Research (NCER). Podporuje výzkum v řadě center zřízených většinou na univerzitách (36 center) /112/ a plní rovněž funkci 58 grantové agentury. [6]

Mimo jiné se zabývá výzkumem v oblasti nanotechnologie pro řešení rizik a řízení rizik. Je nutné chránit veřejné zdraví a životní prostředí od potenciálních škodlivých účinků, které mohou vyplynout z výroby, používání nebo likvidaci nanomateriálů. EPA se účastní spolu s dalšími federálními organizacemi studií nanotechnologií.

EPA má jedinečnou úlohu mezi federálními agenturami, zastřešuje a řídí všechny ostatní agentury a pro svoji činnost může čerpat z následujících možností výzkumu [7], kde už má díky svému postavení velkou znalostní základnu:

- Odborné znalosti k integraci lidského zdraví a ekologické údaje důležité pro hodnocení rizik a podporu rozhodování.
- Zařízení pro testování nanomateriálů ve vodních a suchozemských ekosystémech, jakož i pro měření a modely vývoje, dopravy, transformace a efekty nanomateriálů ve složkách životního prostředí.
- Unikátní a rozsáhlou historickou laboratorní odbornost a schopnost identifikovat přístupy k prevenci a řízení rizik v životním prostředí ovlivněného nanomateriály, včetně vývoje a ověřování technologií k detekci, měření a odstranění nanomateriálů z životního prostředí.
- Schopnost využít dotace STAR pro výzkum EPA, stejně jako spolupracovat s stipendisty k řešení mnoha náročných výzkumných otázek.

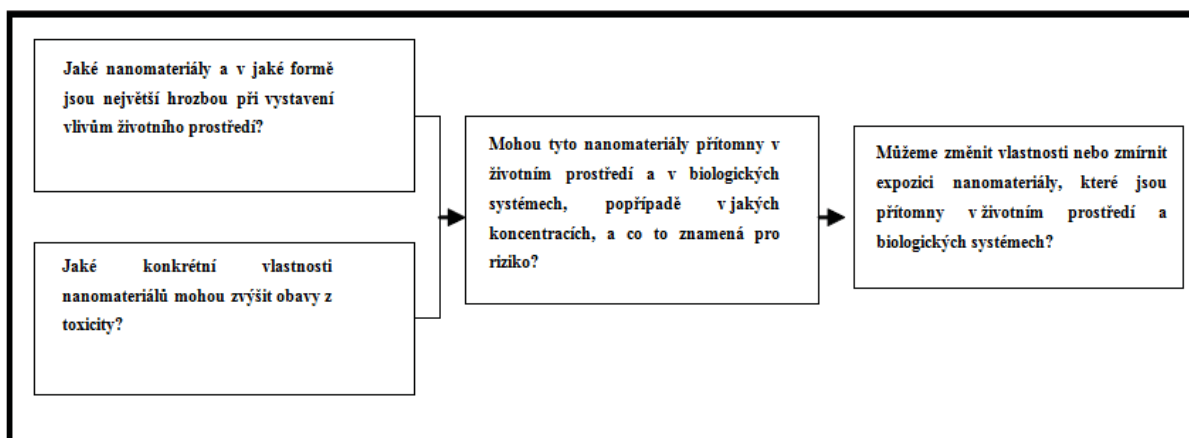
Na obrázku 6. je znázorněna pozice EPA, jako centrální instituce spolupracující s jinými agenturami, výzkumnými středisky, světovou organizací OECD, soukromým sektorem. Všechny tyto instituce se navzájem ovlivňují, ale rozhodující slovo pro ochranu zdraví a životního prostředí má EPA.



Obrázek 6: Centralizovaný pohled na EPA [ZDROJ 9]

8.3 Zaměření EPA v oblasti nanotechnologií

Pro bezpečný vývoj nanotechnologií byly určeny čtyři oblasti zaměření, které by měly odpovědět na definované klíčové otázky, jak je uvedeno na obrázku 7. níže.



Obrázek 7: Základní otázky pro bezpečný vývoj nanotechnologií [ZDROJ 9]

Poskytnutí odpovědí na tyto otázky bude sloužit veřejnosti tím, že pomůže maximalizovat čistý společenský přínos z rozvoje a využití vyrobených nanomateriálů. Proto se EPA ve svém výzkumném programu NANOTECHNOLOGIE zaměřila na čtyři oblasti uvedené níže, které využívají odborných znalostí EPA, stejně jako znalosti dalších federálních organizací, které studují různé aspekty, které pomáhají vyplnit znalostní mezery.

Čtyři výzkumná témata jsou [6]:

- Identifikace zdroje nanomateriálů, jak jsou přepravovány přes životní prostředí až na místo určení a jak jimi mohou být lidé ovlivněni.
- Pochopení lidského zdraví a ekologických dopadů, které pomůžou při hodnocení rizik a rozvoji vědeckých metod sloužících pro posouzení rizik.
- Rozvoj přístupů k posuzování rizik, které mohou být použity k určování a vyhodnocování možných rizik
- Prevence a zmírnění rizik nanomateriálů v životním prostředí

V oblasti nanotechnologií již EPA dosáhla revize zákona o kontrole jedovatých látek [6] (Toxic Substances Control Act - TSCA), kde rozlišuje mezi novými a stávajícími chemikáliemi v období před výrobou. Pokud chce firma vyrábět nové látky, musí dát k dispozici EPA oznámení a přezkoumání, které umožní agentuře určit omezení, které firma bude při výrobě muset dodržovat. [11]

Od roku 2005 EPA obdržela a přezkoumala více než 100 nových chemických oznámení podle TSCA pro nanomateriály, včetně uhlíkových nanotrubic [údaj z roku 2010]. Po přezkoumání omezení se zachovala následovně [11]:

- vydala omezení použití nanomateriálů,
- nařídila používání osobních ochranných prostředků, jako jsou nepropustné rukavice a schválené respirátory,
- nařídila omezení uvolňování do životního prostředí (nakládání s odpady),
- vyžádala si vytvoření dat o působení nanotechnologií na zdraví a životní prostředí.

Agentura také na základě § 5 TSCA rozvíjí pravidlo SNUR, aby zajistila, že se bude nanomateriálům dostávat odpovídajícího regulačního přezkumu. Toto pravidlo přikazuje osobám, které hodlají vyrábět, dovážet, nebo zpracovávat nové materiály na bázi nanotechnologie, aby předložily Oznámení [32] (SNUN) EPA nejméně 90 dnů před zahájením této činnosti.

SNUN by poskytlo agentuře základní soubor informací o nanomateriálech, jako jsou chemické identifikace, charakterizace materiálů, fyzikálně-chemických vlastností, komerční využití, objem výroby, expozici a údaje o toxicitě. Tato informace by pomohla agentuře hodnotit zamýšlené použití těchto

Dále regulace potravin, léků a kosmetický přípravků obsahující nanomateriály, týkající se nutnosti jejich označování. [11]

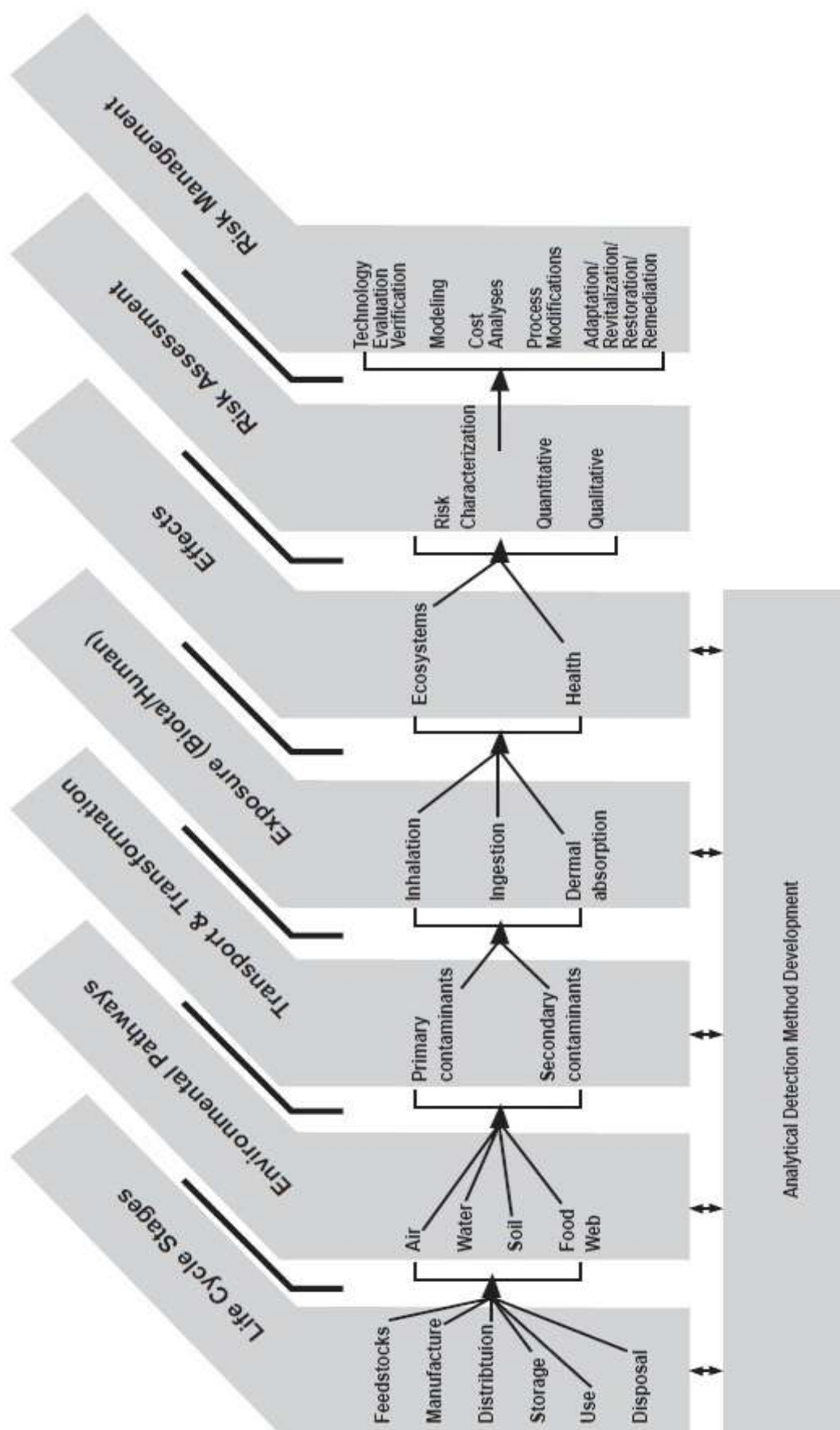
V roce 2004 byl také EPA přijat plán na 10 let dopředu v oblasti strategie a realizace výzkumu. Během této doby bylo vydáno několik dokumentů, prací zabývajících se vlastnostmi, ochranou, působením na životní prostředí. Všechny tyto dokumenty jsou dostupné z [31] ve složce publikace.

8.4 Strategie výzkumu nanomateriálů

Výzkumný program má koordinační tým, který je páteří EPA v plánování výzkumu nanotechnologií a dále jednotlivé skupiny. Důraz je kladen na komunikaci nejen v rámci EPA, ale nejvyšší prioritou je informování ostatních agentur a partnerů o výzkumné činnosti a produktů vyvíjených v rámci programu.

Výzkumu stanovil plán pro provádění činností k dosažení dlouhodobých cílů a zároveň umožňuje flexibilitu pro EPA v případě řešení nových vznikajících problémů, které se v období vývoje NaN vyskytnou. Tento plán je uveden na obrázku č. 8 na druhé straně.

Obrázek 8. ilustruje vztah výzkumných aktivit, které pomáhají odhadnout rizika. Začíná s jakostním rámcem životního cyklu od výroby až po likvidaci. Pro každou část tohoto cyklu mohou vzniknout nebezpečí, kterými je třeba se zabývat. Jelikož každý výrobek má jiný způsob výroby, zpracování, použití a ukončení životního cyklu, pomůže nám jeho komplexní zhodnocení k objevení a ohodnocení rizik, které s sebou přináší. Pak jsou vzaty v úvahu životní cesty (vzduch, voda, půda, potraviny), pomocí nichž dokážeme definovat, kde se s nanotechnologií setkáváme a jaká rizika můžou znamenat pro zdraví nebo životní prostředí. Transportní a transformační procesy pomůžou odhalit rizika spojená s přeměnou nanotechnologií v životním prostředí, jestli se mění jejich struktura, nebo dochází k spojování ve větší částice. Kumulativní a celkové vystavení na různých tratiích, jak můžou nanotechnologie ohrožovat lidské zdraví, jestli dochází ke styku přes pokožku, inhalací nebo pohlcením. Dále ekologické účinky, stejně jako ty na lidské zdraví. Charakterizace rizika mohou vyplývat v závislosti na dostupnosti údajů, a to jak kvantitativních, tak kvalitativních. Tento přístup je používán k identifikaci klíčových údajů, k odhalování míst, kde existují mezery.



Obrázek 8: Vzájemné vztahy výzkumu [ZDROJ 9]

8.5 Zhodnocení přístupu USA k řízení rizik

Vývoj nanotechnologií v USA je od 90. let na vzestupu. [14] Spolu s vývojem inovací nezůstává USA pozadu ani v oblasti péče o bezpečnost, zdraví a životní prostředí. Zde byl vytvořen centralizovaný model řízení ve středu s jedinou organizací. Navíc tato organizace (EPA) byla velmi dobře zvolena, jelikož má kvalitní zázemí v oblasti ochrany zdraví a životního prostředí. Může využívat již zavedených postupů k řízení rizik, v případě nutnosti je účelně aktualizovat. Úzce spolupracuje i s vědou a výzkumem, tak se soukromým sektorem zabývajícím se otázkami spojenými s NaN.

Mimo jiné bezpečnost nanotechnologií v USA má i váženého příznivce a to přímo amerického prezidenta Baracka Obamu. [30] Obamova administrativa se zavázala k podpoře výzkumu potenciálních dopadů nanotechnologie na životní prostředí, zdraví a bezpečnost (EHS). Federální finanční závazek na výzkum EHS se datuje do počátku Národní nanotechnologické iniciativy. [30] Každý rok putuje určitý podíl financí od NNI do rukou EPA, která je využívá na výzkum. Pro představu množství financí v roce 2011 putovalo na výzkum a vývoj BOZP. Jednalo se o částku 480 milionů dolarů. O jak velkou částku se jedná je zřetelné ze srovnání s EU za rok 2010, kde se výdaje pohybovaly hrubě kolem 100 milionů dolarů, nebo odhady pro asijské státy za odpovídající období kolem 65 milionů včetně Číny. [30] To znamená, že americké výdaje na výzkumu v oblasti bezpečnosti převyšují všechny ostatní země dohromady.

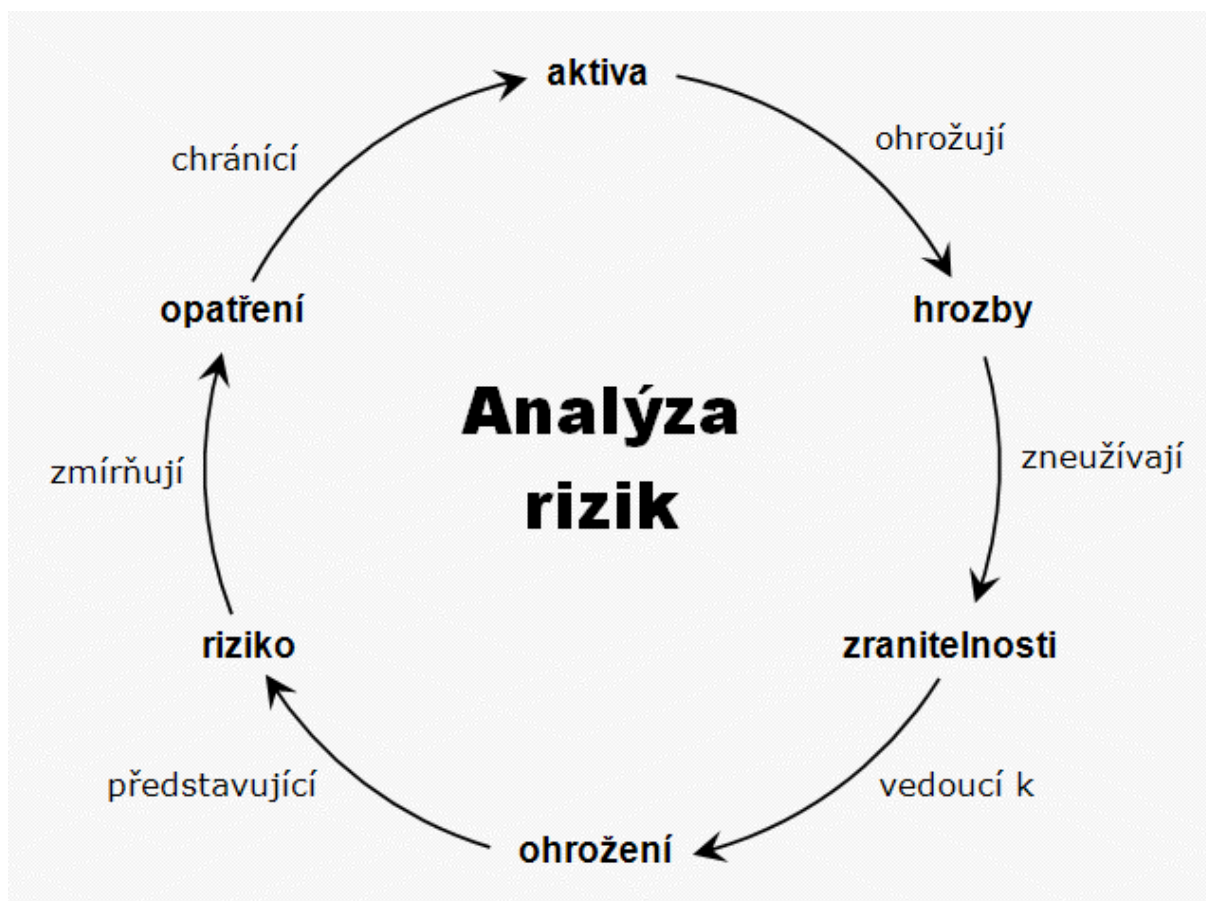
Regulační činnost má na starost také agentura EPA, která vydala, ve spolupráci s jinými agenturami, určitá opatření na kosmetické výrobky, léky a potraviny. Také došlo ke změně TSCA, zaměřeno hlavně na nové výrobky obsahující nanotechnologie, než se spustí jejich výroba.

V oblasti plánování výzkumu bezpečnosti, byla v roce 2009 agenturou EPA vydána Strategie vývoje nanomateriálů [9], zaměřená jednotlivé rizikové prvky v celém životním cyklu nanotechnologií.

V neposlední řadě i spolupráce s organizací OECD, kde v oblasti bezpečnosti NaN hraje důležitou roli.

9 Analýza rizik při manipulaci s nanomateriály

Analýza rizik by měla přinést odpověď na otázky, jakým hrozbám je společnost vystavena, jak moc jsou její aktiva vůči těmto hrozbám zranitelná, jak vysoká je pravděpodobnost, že hrozba zneužije určitou zranitelnost a jaký dopad by to na společnost mohlo mít.

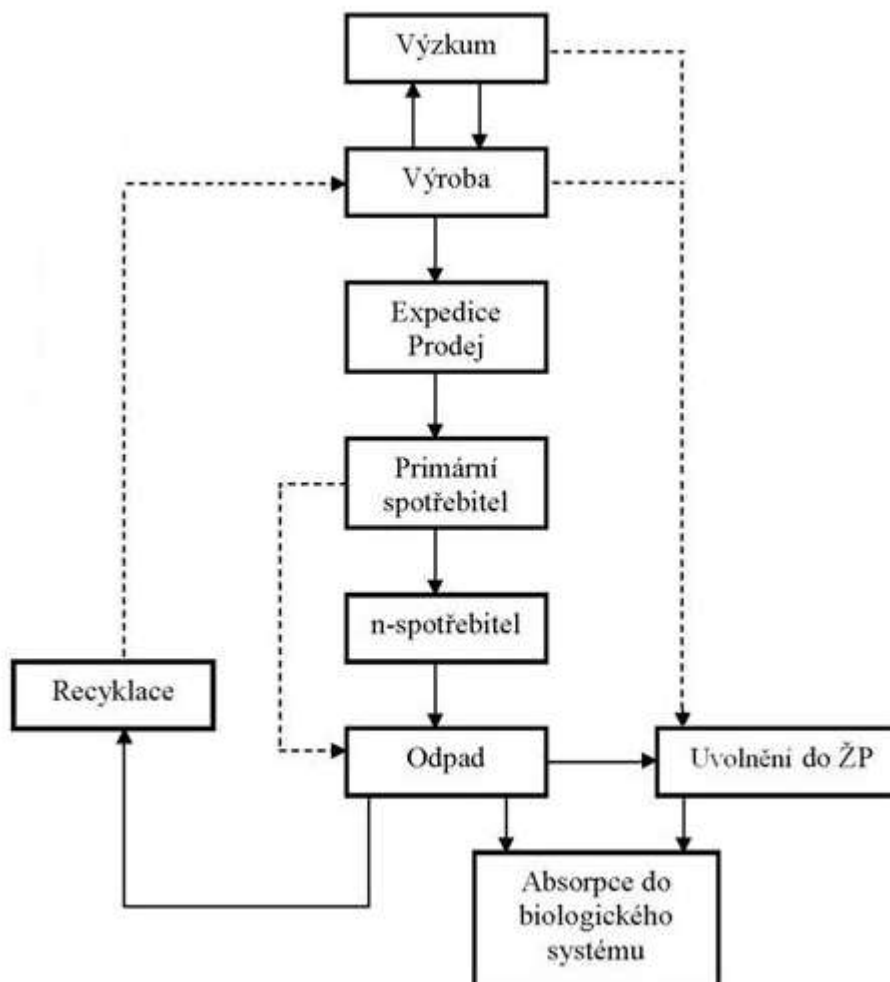


Obrázek 9: Analýza rizik obecně [ZDROJ 29]

Velmi často dochází ke ztotožnění pojmu riziko a hrozba. Je třeba si však uvědomit, že hrozba může být zdrojem pro jedno nebo více rizik a že hrozba sama o sobě riziko nepředstavuje. Hrozby pouze zneužívají zranitelnosti vedoucí k ohrožení, což je riziko, které lze snížit prostřednictvím opatření chránící aktiva před působením těchto hrozeb. Tuto skutečnost nejlépe ilustruje obrázek 9. výše.

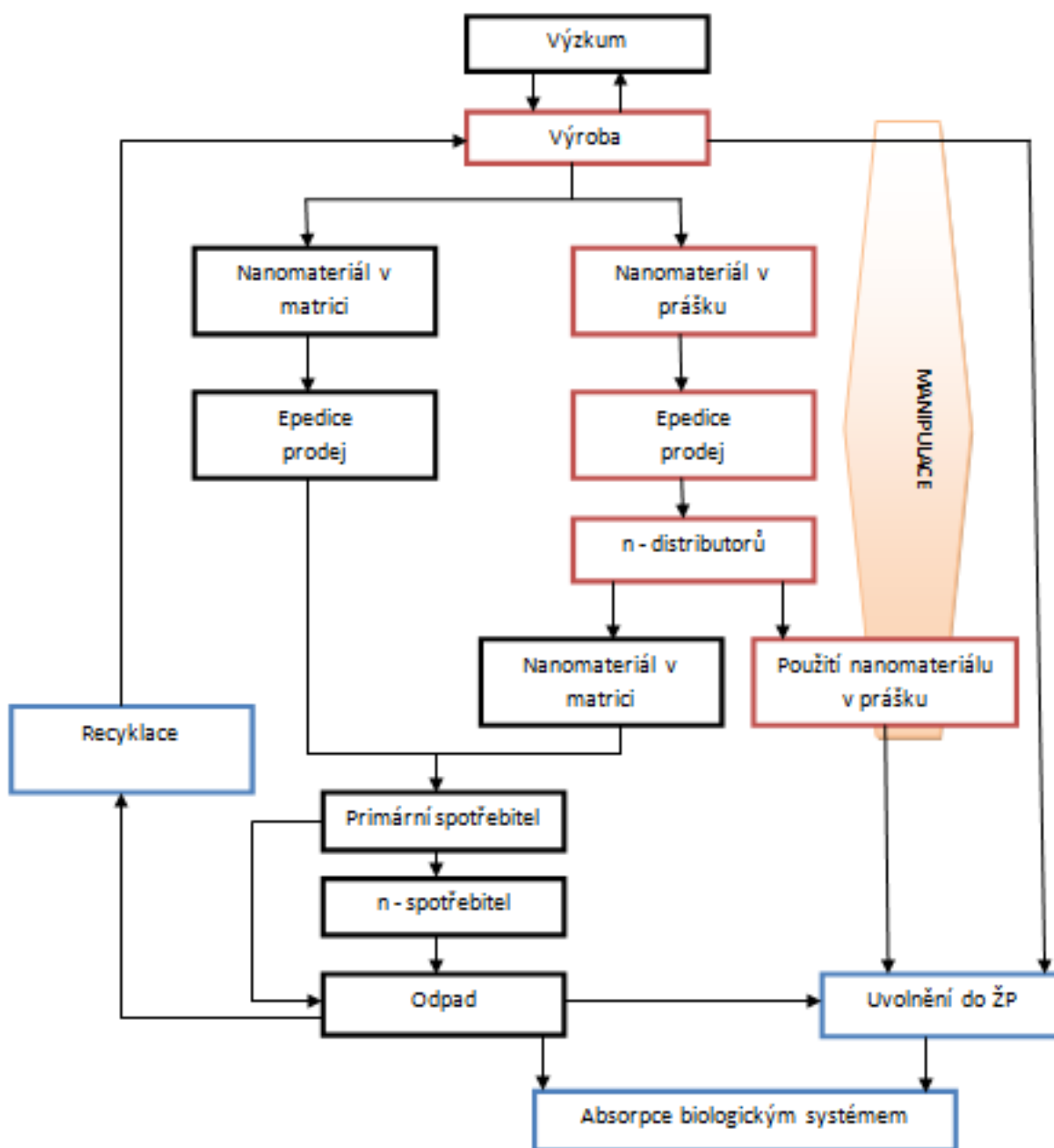
9.1 Životní cyklus nanomateriálů

Pro komplexní zvládnutí analýzy bezpečnosti týkající se nanomateriálů je nutné znát jejich životní cyklus. Takový obecný životní cyklus nanomateriálu je uveden na následujícím obrázku 10. Pomocí něj dokážeme separovat jednotlivé období života nanočástic od jeho vzniku, až po zánik, a na jednotlivé fáze se zaměřit pomocí vhodných analýz.



Obrázek 10: Obecný životní cyklus nanomateriálů[ZDROJ 12]

Pro dosažení cíle práce je třeba v daném životním cyklu se soustředit na procesy a fáze, kdy dochází k manipulaci s nanomateriály. Jedná se především o fázi, kdy je nanomateriál volný, kdy částice nejsou vázány v matrici a je tedy pro zdraví, ŽP a technologické postupy nejvíce nebezpečný. V tomto období je potřeba analýzy pro řízení rizika. Výše uvedený cyklus je ovšem pro manipulaci s nanomateriálem nevhodný, protože není moc podrobný. Proto na druhé straně na obrázku 11. uvádím upravený vhodnější algoritmus životního cyklu. Jedná se hlavně o rozpracování fáze od výroby pro volné nanomateriály. Například v České republice je velmi málo podniků zabývajících se výrobou, zde se většinou jedná o firmy, které se specializují na distribuci nanomateriálů koncovým uživatelům, jako jsou firmy zabývající se úpravou vody nebo o výrobce, kteří nanomateriál používají pro zlepšení vlastností svých výrobků. Při tomto prodeji nanomateriálů koncovým uživatelům dochází k zdlouhavé cestě, která má i více distributorů.



Obrázek 11: Životní cyklus nanomateriálů zaměřený na manipulaci [ZDROJ vlastní]

Nelze určit, která z fází je ta nejhorší a má největší vliv na nebezpečnost, proto je nutno přistupovat k problému zodpovědně. Pokud podceníme např. fázi výzkumu, nedostaneme taková kvalitní data o vlastnostech látky, jaká jsou pro bezpečný vývoj nutná. Podcenění bezpečnosti ve výrobě může vést k tragickým následkům jako je zvýšená expozice zaměstnanců, vznik požárů a výbuchů, nebo únik do životního prostředí. Na manipulaci s volným nanomateriálem je zaměřena tato analýza, ale nebezpečí se skrývá i ve vedlejší

větví, kde je nanomateriál součástí výrobku, odkud se během používání může uvolňovat a negativně působit na uživatele a životní prostředí. Nesmíme ani zapomínat na osud výrobku po skončení jeho funkčnosti, kdy se stane odpadem. Jeho způsob likvidace, jestli je recyklovatelný, nebo jak s ním nakládat dále.

9.2 Doprava

Samostatnou kapitolu by mohla tvořit doprava polotovarů, kterou bych do manipulace s nanomateriálem započítal. Zde bych kladl důraz na dodržování platných norem při organizaci dopravy (například normy ADR [39] pro silniční dopravu), které mi připadají dostačující, volbu vhodného dopravního prostředku a v neposlední radě volbu vhodné trasy.

Tento způsob manipulace s nanomateriálem mi připadá nejsnáze ošetřitelný a v následující analýze mu už nebudu věnovat pozornost.

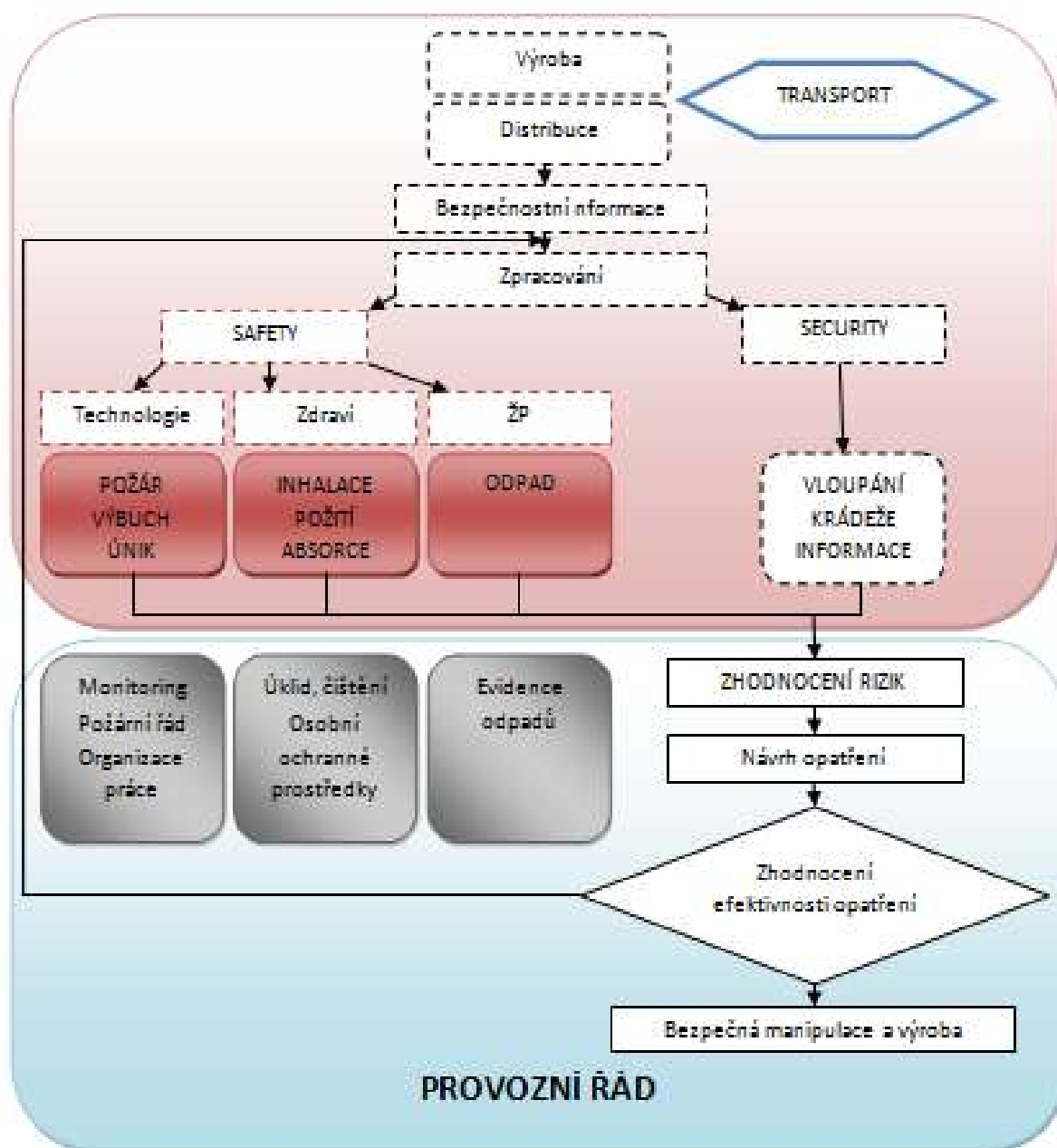
9.3 Návrh analýzy při manipulaci s nanomateriály

Při návrhu analýzy se vychází z obecných informací o analýze rizik a získaných vědomostí, kterých jsem dosáhl rozbořením jednotlivých přístupů EU a EPA (USA). Také využívám znalostí případných specifik, která mohou „nano“ rozměry představovat.

K bezpečnému přístupu při manipulaci s nanomateriály je třeba dodržování určitých kroků, pomocí nichž dokážeme riziko řídit. Pokud by nebylo těchto navrhovaných postupů, mohlo by docházet při zpracování nanočástic v lepším případě k finančním ztrátám, v horším případě k ohrožení nejen zaměstnanců, ale i obyvatel v okolí a životního prostředí. Tyto určité kroky k řízení rizik jsou uvedeny na obrázku 12. Tato analýza slouží k odhalení slabých míst při manipulaci a navržení potřebných opatření.

Pokud nejsou nanomateriály v místě svého vzniku přeměněny na hotový koncový výrobek, jehož jsou součástí, jedná se o tzv. polotovar a následuje jeho expedice. Ta je prováděna výrobcem, takže bezpečnostní opatření jsou na vysoké úrovni jako při jejich výrobě. Často se ale na cestě ke koncovému zpracovateli vyskytuje n – distributorů, kteří s polotovarem nanomateriálu manipulují. Dochází k přerozdělování na menší množství, změna ochranných obalů, přeskladňování. Každá taková manipulace vede k zvýšení rizik. Předmětem analýzy není usnadnění a ošetření distribuce výrobku, jen se snaží na možný vznik problému poukázat. Mnohem snazší a bezpečnější by bylo dostat polotovar od výrobce rovnou k zpracovateli, ovšem k tomu nedochází.

Při převezmutí polotovaru koncovým uživatelem, který jej už dále nedistribuje, ale zpracuje, nebo použije, by se mělo dbát následujících kroků.



Obrázek 12: Analýza rizik při manipulaci s nanomateriály [ZDROJ vlastní]

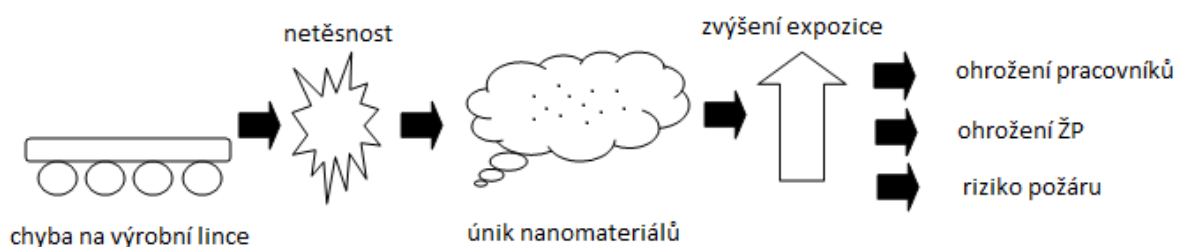
Každý systém by měl začínat shromážděním podrobných informací o materiálu, který se zpracovává. Tyto informace by jsme měly dostat od výrobce. Ovšem jak je již několikrát uvedeno, informace co se týkají toxicity a biotoxicity, ještě nejsou plně známy a proto se musí uplatňovat princip předběžné opatrnosti. Jako stěžejní proces této etapy je potřeba shromáždit informace týkající se zejména o rizicích reaktivity, které by vedly k požáru nebo výbuchu.

Při zpracování polotovaru se analýza řízení rizik rozděluje do dvou větví. Bezpečnost zpracování můžeme rozdělit do úseku SAFETY (jedná rizikové faktory spojené s bezpečností strojů, technologií zpracování, pracovních procesů, okolního prostředí, hygieny atd.) a úseku

SECURITY (zde se jeví jako rizikový faktor nejen nebezpečí cizího vniknutí, ale i možnost zneužití technologie zaměstnance při provozu). Pomocí vhodných analytických metod se určí hlavní rizika. Jako nejvhodnější metody se jeví :

- Indexové metody – bezpečnost procesu se klasifikuje podle indexu pro toxicitu látek a indexu pro požár a výbuch do tří kategorií nebezpečnosti. K dobrému provedení této metody je potřeba kvalitních vstupních informací o nanomateriálu.
- Revize bezpečnosti – identifikuje nebezpečné podmínky a provozní postupy
- Kontrolní seznam – zjišťování nedostatků a odchylek od provozního postupu
- Analýza nebezpečnosti a provozuschopnosti - identifikuje a hodnotí nebezpečí v procesu a identifikuje operační problémy.

Po výčtu jednotlivých dílčích rizik, z větví SAFETY a SECURITY, přichází komplexní zhodnocení. Zde bereme v úvahu informace o vlastnostech nanomateriálů, se kterými se manipuluje a hlavní rizika z obou větví. Zde často dochází k propjení mezi jednotlivými složkami TECHNOLOGIE, ZDRAVÍ a ŽP. Vznik tzv. domino efektů není vyloučen, jak je znázorněn na obrázku 13. níže.



Obrázek 13: Domino efekt [ZDROJ vlastní]

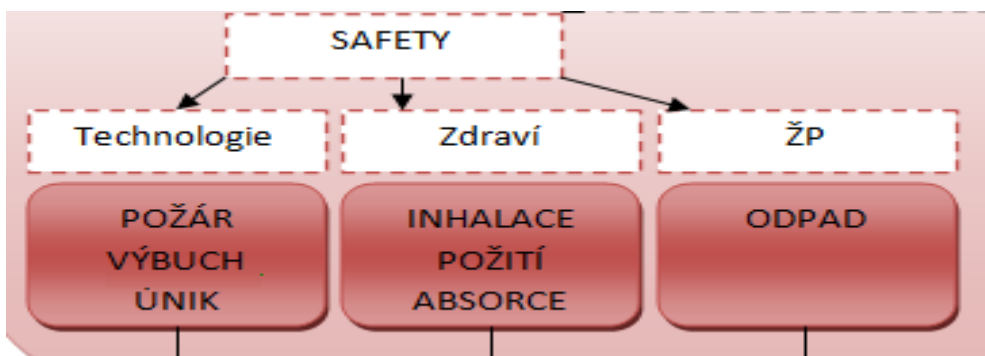
Na toto komplexní zhodnocení se odpoví vhodným bezpečnostním opatřením. Většinou toto opatření je nastíněno už ve zpracované analytické metodě. Pozor se musí dát na provázanosti jednotlivých rizik, aby opatření pro odstranění jednoho rizika nepomohlo ke vzniku nebo zesílení rizika druhého. Například kdyby došlo k požáru při manipulaci a jako bezpečnostní prvek by se otevřelo zařízení pro odvod kouře, tak by došlo k rozptýlu nanočástic do okolí a jejich vlivu na okolní obyvatelstvo a životní prostředí.

Po navržení opatření se přezkoumá znovu jejich efektivita, pokud bude shledána jako nedostatečná nebo nefunkční, je třeba navrhnout nová lepší opatření. V tomto případě bych doporučil „projet“ celý diagram znovu. Pokud jsou ochranná opatření dostatečná a systémy ochrany fungují správně, lze provoz manipulace a výroby z polotovarů považovat za bezpečný nebo riziko za dostatečně minimalizované. Výsledek celé analýzy jde shrnout v provozním řádu, který lze považovat za koordinovaný přístup k řízení rizik. To umožní

následně přijmout opatření a doporučení na úpravu výrobního zázemí a procesu výroby, stanovit systém monitoringu, minimální rozsah použití individuálních ochranných pomůcek apod.

9.3.1 Kritická místa při manipulaci a opatření

Kritická místa - tímto pojmem bych označil rizikové etapy při manipulaci. Jak je vidět na obrázku 14. ve výšeči z navrhované analýzy, jedná se větev SAFETY.



Obrázek 14: Kritická místa [ZDROJ vlastní]

Oblast technologie

Jedná se o oblast manipulace, kdy největší riziko vzniká při uvolnění nanomateriálů, například při netěsnosti výrobní linky. Pokud se v okolí takového úniku vyskytuje zdroj iniciace, může dojít i k tzv. domino efektu a následnému výbuchu nebo požáru. V analýze se pokusit vyhledávat rizika spojená se vznikem požáru, výbuchu nebo úniku především se zaměřit na tyto okolnosti a pokusit se provést preventivní opatření:

- Prostředí - Kontroly míst, kde dochází k manipulaci s nanomateriálem po stránce technické, různé netěsnosti výrobní linky atd. Důležitou roli zde hraje monitoring.
- Pracovní postupy - Provozní opatření (například vypracování kontrolního seznamu pro zaměstnance zaměřeného na manipulaci s nanomateriálem)
- Zdroj iniciace - Zákaz zdrojů iniciace v místech, kde dochází k manipulaci s nanomateriálem.
- Ventilace – Například použití speciálních filtrů zachycujících nanomateriály
- Charakteristika nanomateriálu – jestli není samovznětlivý

Jednotlivé výše uvedené faktory se mohou navzájem ovlivňovat a proto je potřeba je analyzovat jak jednotlivě, tak i komplexně, pomocí analýzy souvztažnosti.

Oblast zdraví

Jedná se o fázi manipulace s nanomateriálem, kdy do styku mohou přijít nejen zaměstnanci, ale i lidé v okolí zpracování nanomateriálů. Je nutné dbát na shromažďování informací o rizicích v této oblasti a hlavně se zaměřit na toxicitu nanomateriálů. Zároveň analýzu zaměřit na formu expozice pracovníků, jak se mohou nanomateriály dostat do těla:

- Inhalace (vdechnutí nanomateriálů)
- Absorpce (proniknutí nanomateriálů do těla přes kůži)
- Požití (při konzumaci)

Jako vhodné opatření se jeví používání osobních ochranných prostředků (dále jen OOP) jako jsou respirátory, masky (různé typy), rukavice, oděvy nebo filtrace. Musí se však jednat o vhodné OOP navržené pro práci s nanomateriály. Vzhledem k velikosti škodlivých částice se jeví běžné OOP jako neúčinné.

Oblast životního prostředí

Životní prostředí nesmí být při analýze rizik vztahující se na manipulaci s nanomateriálem podceněno. Nanomateriály se mohou dostávat do životního prostředí mnohými cestami.

- Ventilace (odvádění vzduchu s obsahem nanomateriálu z míst manipulace)
- Odpad (nanomateriály v odpadní vodě, v komunálním odpadu)
- Při mimořádné události (úniky, požáry, výbuchy)

Při manipulaci je tedy potřeba shromažďování informací o působení zpracovávaných nanomateriálech na všechny složky životního prostředí (voda, půda, vzduch a biota), o jeho transportních a transformačních procesech, které pomůžou odhalit rizika spojená s přeměnou nanotechnologií v životním prostředí. Také je důležité zjistit, jestli uvolněné nanomateriály budou mít na životní prostředí efekt krátkodobý nebo dlouhodobý.

Při manipulaci dochází i k provázanosti mezi jednotlivými oblastmi. Mnohé rizikové faktory z oblasti bezpečnosti ovlivňují, jak oblast zdraví zaměstnanců, tak i životní prostředí a okolí.

Závěr

Výběr téma zabývajícího se bezpečností nanotechnologií se může zdát na první pohled zvláštní, ale jak je uvedeno v úvodu práce, nanotechnologie mají interdisciplinární charakter vyžadující nejen znalost daného vědního oboru, ale současně však i schopnost orientace v jiných disciplínách.

V této práci jsem se pokusil dosáhnout zadaných cílů, které jsem si při jejím výběru stanovil. V první části je přiblížen svět nanotechnologií. Jsou zde uvedena základní fakta týkající se tohoto vědního oboru. Jak takové nanotechnologické postupy vypadají a jaké je jejich využití v průmyslu. Pomocí nanotechnologií lze vytvářet výrobky výborných vlastností a svět si uvědomuje potenciál tohoto odvětví. Přes jisté obavy z možných důsledků se dá očekávat, že nanotechnologie je a bude stále více podporována. Jako u jiných nových objevů, tak i nanotechnologie přináší určitá rizika. V úvodní části jsem se pokusil o rozbor současného stavu vědomostí a tyto hrozby identifikovat. Těchto znalostí jsem zužitkoval při tvorbě obecného návrhu analýzy pro manipulaci s nanomateriálem, která je uvedena v poslední části práce.

V prostřední části diplomové práce je uveden přístup České republiky, EU a USA k řízení rizik. Pokud jde o EU a USA, jedná se o země, které investují nejvíce prostředků do rozvoje nanotechnologií. Ovšem pokud bych se měl zaměřit pouze na finance směřující do výzkumu bezpečnosti, musím konstatovat, že se jedná o relativně malé prostředky. V úvodu jsem uvedl i otazník, týkající se spolupráce v oblasti bezpečnosti mezi těmito dvěma konkurenty. Během posledních pěti let tyto dvě země upevnilly spolupráci a snaží se o zvýšení bezpečnosti pomocí skupiny OECD. Také dochází na mezinárodní ke sdílení doporučení a metodik týkajících se nanotechnologií a nanomateriálů.

Zaměřil jsem se na jednotlivé země a zhodnotil jsem jejich přístup k řízení rizik. V EU velmi dlouho trvalo přezkoumání stávajících předpisů, nebyla stanovena vhodná organizace, která by oblast bezpečnosti nanotechnologií řídila. Tuto roli zde zabezpečuje Evropská Komise, která projekty pro zvýšení bezpečnosti přerozděluje mezi jiné organizace. Ikdyž stávající právní předpisy byly vyhodnoceny jako vyhovující, já osobně bych navrhoval v určitých případech vydání nové, zcela specifické legislativy.

Přístup USA k řízení rizik se jeví na vyšší úrovni, než je tomu v EU. Je to způsobeno především jiným přístupem, který umožnil systém centralizované organizace řídící výzkum. Tato organizace (EPA) byla velmi dobře zvolena a může využívat naplno své dlouholeté tradice a vynikajícího zázemí v ochraně zdraví a životního prostředí. Náskok oproti EU je

viditelný například v plánování bezpečnosti, kde v roce 2006 již EPA vydala svoji strategii k řízení rizik.

V České republice jakožto v zemi Evropské unie jsou uplatňovány v oblasti řízení rizik stejné normy jako v ostatních členských zemích. Pokud bych chtěl uvést postoj ČR k bezpečnosti nanotechnologií, musím zhodnotit, že se v našem státě dlouhodobě podceňuje, respektive financování takových projektů je špatně nastaveno. Jako příslib do budoucna lze považovat konferenci v Praze z minulého roku, jako aktivní přístup do oblasti bezpečnosti nanotechnologií.

V poslední části práce je navržen postup řízení rizik při manipulaci s nanomateriálem. Pro jeho vypracování bylo použito znalostí specifik, kterými se nanomateriály vyznačují a obecných postupů používaných pro manipulaci s nebezpečnými látkami. Tento návrh může pomoci při objevování kritických míst v procesu manipulace a zabránit tak možnosti zvýšené expozice nanomateriály.

10 Použité zkratky

SPM - Rastrovací tunelový mikroskop

AFM - Mikroskop atomárních sil

NaN - Nanotechnologií a nanomateriálů

EGE - Evropské skupiny pro etiku

Komise - Evropská Komise pro vědu a výzkum

VaV - Věda a výzkum

REACH - Nová chemická politika Evropské unie

SCENIHR - Vědecký výbor pro vznikající a nově zjištěná zdravotní rizika

OECD - Pracovní skupina pro vyrobené nanomateriály

WPMN - Pracovní skupina pro vyrobené nanomateriály

CEN - European Committee for Standardization

EFSA - Úřad pro bezpečnost potravin

DG SANCO - Generální ředitelství pro zdraví a ochranu spotřebitele

IPPC - Směrnice o integrované prevenci a omezování znečištění

BAT - Nejlepší dostupné techniky

GMO - Geneticky modifikovaných organismů

BOZP - Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

EU-OSHA - Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci

PEROSH - Partnerské výzkumné ústavy organizované ve skupině

ETPIS - Evropskou technologickou platformu bezpečnosti průmyslu

AV ČR - Akademie věd České republiky

CZ-TPIS - Česká technologická platforma bezpečnosti průmyslu

NNI - NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE

ORD - Office of Research & Development

TSCA - Zákon o kontrole jedovatých látek

EHS - Výzkum potenciálních dopadů nanotechnologie na životní prostředí, zdraví a bezpečnost

ŽP - Životní prostředí

OOP - Osobní ochranné prostředky

11 Seznam tabulek

Tabulka 1: Grafické znázorněné rozdělení [ZDROJ 1]

Tabulka 2: Příklady mechanismu poškození buněk [ZDROJ 13]

Tabulka 3: Příklady mechanismu poškození buněk [ZDROJ 13]

Tabulka 4: Partnerské instituty PEROSH [ZDROJ 38]

12 Seznam obrázků

- Obrázek 1: Zdroje nanočástic a jejich rozměrový rozsah [ZDROJ 12]
- Obrázek 2: Schéma s výrazy pro předměty v nanooblasti [ZDROJ 12]
- Obrázek 3: Prognóza světového trhu v nanotechnologiích v miliardách USD [zdroj 14]
- Obrázek 4: Vývoj bezpečnosti nanomateriálů v EU [ZDROJ: vlastní]
- Obrázek 5: Schéma vzniku organizace pro bezpečnost [ZDROJ vlastní]
- Obrázek 6: Centralizovaný pohled na EPA [ZDROJ 9]
- Obrázek 7: Základní otázky pro bezpečný vývoj nanotechnologií [ZDROJ 9]
- Obrázek 8: Vzájemné vztahy výzkumu [ZDROJ 9]
- Obrázek 9: Analýza rizik obecně [ZDROJ 29]
- Obrázek 10: Obecný životní cyklus nanomateriálů [ZDROJ 12]
- Obrázek 11: Životní cyklus nanomateriálů zaměřený na manipulaci [ZDROJ vlastní]
- Obrázek 12: Analýza rizik při manipulaci s nanomateriály [ZDROJ vlastní]
- Obrázek 13: Domino efekt [ZDROJ vlastní]
- Obrázek 14: Kritická místa [ZDROJ vlastní]

13 Seznam literatury

13.1 Literární zdroje

[1] PRNKA, T., SHRBENÁ, J., ŠPERLINK, K. Nanotechnologie v České republice 2008. 1. vyd. Ostrava : Repronis, 2008. 348 s. ISBN 978-80-7329-187-7. Dostupný z: <http://www.nanotechnologie.cz/storage/nanotechnologie_2008_CZ.pdf>.

[2] The European strategy for nanotechnology and the nanotechnology Action Plan, COM (2004) 243, Citováno [2010-09-09], dostupné z: <<http://cordis.europa.eu/nanotechnology/actionplan.htm>>.

[3] Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009" (COM(2005) 243, Citováno[2010-09-09], dostupné z: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_action_plan2005_cs.pdf>.

[4] Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. First Implementation Report 2005-2007, Citováno[2010-09-09], dostupné z: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com_2007_0505_f_cs.pdf>.

[5] Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. Second Implementation Report 2007-2009, Citováno[2010-09-09], dostupné z: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com_2009_0605_f_cs.pdf>.

[6] Nanosciences and Nanotechnologies: Rámcový program 5, 2006, Citováno[2010-09-09], dostupné z: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/innovation/docs/cip_com121_06042005_cz.pdf>.

[7] Communication on the regulatory aspects of nanomaterials, COM (2008), 366, Citováno [2010-10-09], dostupné z: <http://osha.europa.eu/en/news/communication_regulatory_aspects_nanomaterials>.

[8] *Evropská centra excellence*. Praha : Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, 2009. 8 s. dostupné z: <http://www.arr.cz/userfiles/Downloads/OP_VaVpI_Vyzva_PO1.pdf>.

[9] U.S. Environmental Protection Agency (2009). *Nanomaterials research strategy*. EPA/620/K-09/011. Citováno [2010-10-09], dostupné z: <http://www.epa.gov/ncer/nano/publications/nano_strategy_june2009.pdf>.

[10] ŠENOVSKEÝ, M., BALOG, K. *Integrovaná bezpečnost*, 1. vyd. SPBI Ostrava 2009. ISBN: 978-80-7385-076-0

[11] *Securing the Promise of Nanotechnologies : Towards Transatlantic Regulatory Cooperation*. [s.l.] : Royal Institute of International Affairs, 2009. 122 s. Dostupné z WWW: <http://www.nanotechnologie.cz/storage/NT_transatlantik.pdf>.

13.2 Studie

[12] Klouda, K., Kubátová, H., Večerková, J.: *Záměrně vyráběné nanomateriály. Návrh metodiky řízení rizik při produkci a manipulaci s nimi*. Ochrana obyvatel 2010, Ostrava, sborník str. 138-151, ISBN 978-80-7385-080-7, ISSN 1803-7372

[13] Klouda, K., Kubátová, H., Vyráběné nanomateriály: *Analýza rizik jejich přípravy, dopadu na zdraví a životní prostředí*, Oborový portál BOZPinfo.cz, 2009 [cit. 2011-04-11]. dostupné z: <<http://www.bozpinfo.cz/win/tisk.html?clanek=5456521>>.

[14] Rizika nanočástic pro zdraví a jak jim čelit. In *Rizika nanočástic pro zdraví a jak jim čelit* [online]. [s.l.] : Gate2Biotech, 2006 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z: <<http://www.gate2biotech.cz/rizika-nanocastic-pro-zdravi-a-jak-jim-celit/>>. ISSN 1802-2685

[15] REACH , *Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment*. 2009 [cit. 2011-04-11]. dostupné z: <http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance_document/information_requirements_en.htm>

[16] European Perspective on Nanotechnology in the Context of Food and Feed Production. EFSA: *Scientific Symposium on Food Safety, Nutrition and Nanotechnology*. University Parma, 4th October, 2007. Dostupné z: <http://www.efsa.europa.eu/EFSA/DocumentSet/Anne_Theobald_-_EFSA.pdf>.

13.3 Evropské směrnice

[17] EU. Evropská směrnice č. 89/391/EHS: o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci, L 394, s. 9. dostupný z: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:0001:CS:PDF>>.

[18] EU. Evropská směrnice č. 2001/95/ES: o obecné bezpečnosti výrobků, L 447, s. 16. dostupný z:

< <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:06:32001L0095:CS:PDF>>

[19] EU. Směrnice Rady 2008/1/ES o integrované prevenci a omezování znečištění; L 24, 29.1. 2008. dostupné z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:024:0008:0029:cs:PDF>>

[20] EU. Směrnice 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek; L 10, 14. 1. 1997. dostupné z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:CS:PDF>

[21] EU. Směrnice 2000/60/ES o činnosti Společenství v oblasti vodní politiky, L 327, 22. 12. 2000. dostupné z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:081:0060:0061:CS:PDF>

[22] EU. Směrnice 2006/12/ES o odpadech; L 114, 27. 4. 2006, s. 13 dostupné z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:cs:PDF>>

[23] EU. Doporučení Evropské Komise 2008/345/ES) o kodexu chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanověd a nanotechnologií, číslem K(2008) 424, dostupné z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:116:0046:0052:CS:PDF>

[24] EU. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady o kosmetických přípravcích, SEC(2008)117, KOM/2008/0049. dostupný z:

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52008PC0049:CS:HTML>

[25] EU. Evropská směrnice č. 1907/2006: *Nařízení Evropského parlamentu a Rady . 2007 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek*, L 396, s. 851.

<<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:0001:CS:PDF>>.

13.4 Internetové stránky

[26] *European Commission* [online]. 12-12-2009 [cit. 2011-04-11]. Slovník pojmů. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/ceskarepublika/information/glossary/term_226_cs.htm>.

[27] *European Agency for Safety and Health at Work* [online]. 2008 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://osha.europa.eu/en/front-page>>.

[28] *NanoCon2011* [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.nanocon.cz/>>.

[29] *Analýza rizik: Jemný úvod do analýzy rizik* [online]. 2008 [cit. 2011-04-11]. Clever and Smart. Dostupné z WWW: <<http://www.cleverandsmart.cz/analiza-rizik-jemny-uvod-do-analyzy-rizik/>>.

[30] *The National Nanotechnology Initiative* [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://www.nano.gov/html/about/home_about.html>.

[31] *U.S. EPA* [online]. 2011 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.epa.gov/>>.

[32] *U.S. EPA* [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Submitting a Significant New Use Notice (SNUN). Dostupné z WWW:

<<http://www.epa.gov/opptintr/newchems/pubs/snun.htm>>.

[33] *European Commission* [online]. 2004 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://ec.europa.eu/>>.

[34] *The Center for Excellence* [online]. 2006 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.cee.org/>>.

[35] *CENIA, česká informační agentura životního prostředí* [online]. 2007 [cit. 2011-04-11]. O nejlepších dostupných technikách (BAT). Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGRI2L4](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGRI2L4)>.

[36] *OECD* [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Science and Technology Policy. Dostup: <http://www.oecd.org/site/0,3407,en_21571361_41212117_1_1_1_1_1,00.html>.

[37] *Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví*. [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Roční plán řízení a plán činnosti na rok 2008. Bilbao : [s.n.], 2007. 35 s. Dostupný z: <http://osha.europa.eu/cs/publications/work_programmes/2008>.

[38] Partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH) [online]. [cit. 2011-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.perosh.org/>>.

[39] Ministerstvo dopravy [online]. 2006 [cit. 2011-04-12]. Převážná nebezpečných věcí (ADR). Dostupné z WWW: <http://www.mdcz.cz/cs/Nakladni_doprava/adr/Preprava_nebezpecnych_veci.htm>.